



SKRIPSI - ME141501

ANALISIS PEFORMA MODIFIKASI PROPELLER Ka-70 MENJADI *HUBLESS RIM DRIVEN PROPELLER* MENGUNAKAN CFD

Syamsi Firdaus
NRP. 4211 100 070

Dosen Pembimbing
Irfan Syarif Arief, S.T., M.T.
Agoes Santoso, M.Sc., M.Phil.

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



SKRIPSI - ME14 1501

**ANALISIS PEFORMA MODIFIKASI PROPELLER Ka-70
MENJADI *HUBLESS RIM DRIVEN PROPELLER*
MENGUNAKAN CFD**

Syamsi Firdaus
NRP. 4211 100 070

Dosen Pembimbing
Irfan Syarif Arief, ST., MT.
Agoes Santoso, M.Sc., M.Phil.

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT - ME14 1501

PEFORMANCE ANALYSIS OF MODIFIED Ka-70 HUBLESS RIM DRIVEN PROPELLER USING CFD

Syamsi Firdaus
NRP. 4211 100 070

Supervisor
Irfan Syarif Arief, ST., MT.
Agoes Santoso, M.Sc.. M.Phil

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN
ANALISIS PEFORMA MODIFIKASI PROPELLER Ka-70
MENJADI HUBLESS RIM DRIVEN PROPELLER
MENGUNAKAN CFD

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi Marine Manufacturing and Design (MMD)

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

SYAMSI FIRDAUS

NRP 4211 100 070

Disetujui oleh Pembimbing Skripsi:

Irfan Syarief S.T., M.T.

Ir. Agoes Santoso M.Phil.



SURABAYA

Januari, 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN
ANALISA PEFORMA MODIFIKASI PROPELLER Ka-70
MENJADI HUBLESS RIM DRIVEN PROPELLER
MENGUNAKAN CFD

SKRIPSI.

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi Marine Manufacturing and Design (MMD)

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

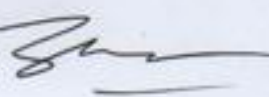
Oleh :

SYAMSI FIRDAUS

NRP 4211 100 070

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan




Dr. Eng. M. Badruz Zaman, S.T., M.T.
NIP. 1977 0802 2008 01 1007

SURABAYA

Januari, 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRAK
ANALISA PEFORMA MODIFIKASI PROPELLER Ka-70
MENJADI HUBLESS RIM DRIVEN PROPELLER
MENGUNAKAN CFD

Nama Mahasiswa : Syamsi Firdaus
NRP : 4211 000 070
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : Irfan Syarif Arief S.T.,M.T.
Agoes Santoso M.Sc., M.Phil.

Penggunaan *duct* yang mengelilingi propeller sudah digunakan secara komersil. *Duct* tersebut dapat memberikan efisiensi lebih baik dan juga melindungi propeller dari hantaman fisik. Hingga ditemukannya RDP (Rim Driven Propeller) dan digunakan pada kapal USSR Valery Chalov dan Rodina (Lebedev, 1969). RDP menempatkan bilah propeller tersambung tetap pada rumahnya yang disebut rim atau dalam kata lain, pusat penggerak berada pada rim, bahkan ada jenis RDP yang tidak menggunakan *hub*. Pada RDP yang tersedia, *blade* yang digunakan adalah tipe *blade* yang non konvensional. Pada penulisan tugas akhir ini akan membahas tentang Analisa perancangan dari propeller Kaplan Ka-70 yang dimodifikasi menjadi *hubless* RDP. Pada skripsi ini yang divariasikan adalah nilai J dengan putaran yang sama. Variasi nilai J diterapkan pada seluruh RDP dengan bilah yang berbeda (*blade* 3,4,dan 5). Analisa menggunakan metode *Computational Fluid Dynamic* (CFD). Kemudian diketahui KT dan KQ terbesar pada tiap J terjadi pada RDP *blade* 5 dan efisiensi tertinggi pada tiap angka J terjadi pada *blade* 3 dengan efisiensi puncak sebesar 0,646.

Kata kunci : Propeller, Kaplan, RDP, KT - KQ - J

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRACT
PERFORMANCE ANALYSIS OF MODIFIED Ka-70
HUBLESS RIM DRIVEN PROPELLER USING CFD

Nama Mahasiswa : Syamsi Firdaus
NRP : 4211 000 070
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : Irfan Syarif Arief S.T.,M.T.
Agoes Santoso M.Sc., M.Phil.

The use of duct surrounding the propeller is already used commercially. Propeller Duct can provide better efficiency and also protects the propeller. RDP (Rim Driven Propeller) found and used on ships USSR Valery Chalov and Rodina (Lebedev, 1969). RDP propeller blades are connected remains at his home called rim and the propeller drive came from rim. On current RDP, blade used is the type of non-conventional blade. In this thesis will discuss the design analysis of Kaplan propeller Ka-70 is modified into hubless RDP. This thesis varied is the value of J with the equal rotation, a variation value applied to the entire RDP with different number of blades (blade 3,4, and 5). Analysis using Computational Fluid Dynamics (CFD) software. The largest value of K_T and K_Q at each J occurs in RDP blade 5 and the highest efficiency at each number J occurs on the blade 3 with a peak efficiency of 0.646.

Keyword : Propeller, Kaplan, RDP, K_T - K_Q - J

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Teriring salam dan doa kepada Allah SWT yang senantiasa melimpahkan karunia dan rahmat-Nya, sehingga dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir dengan judul “**ANALISA PEFORMA MODIFIKASI PROPELLER Ka4-70 MENJADI RIM DRIVEN PROPELLER MENUNAKAN CFD**” untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Bidang Studi *Marine Manufacturing and Design*, Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan. Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Sholawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada baginda nabi Muhammad Sallallahu Alaihi Wasallam.

Penulisan tugas akhir ini sangat banyak melibatkan peran berbagai pihak. Sehingga perlu kiranya penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah s.w.t yang telah memberikan rahmat sehat serta iman berserta jajarannya sebagai perantara datangnya rahmat.
2. Kedua orang tua saya, Ibu Siti Mahmudah dan Ayah Bibit Suherman yang selalu memberi semangat dan membimbing saya saat di rumah maupun diluar.
3. Bapak Irfan Syarief, selaku dosen pembimbing pertama.
4. Bapak Agoes Santoso, selaku dosen Pembimbing kedua.
5. Bapak A.A. Masroeri selaku dosen wali.
6. Bapak Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST., MT., selaku Kepala Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan ITS.
7. Keluarga besar Himpunan Mahasiswa Islam Cabang Surabaya, Sepuluh Nopember dan Lembaga

Teknologi Mahasiswa Islam Cabang Surabaya yang selalu memberi dukungan dan semangat.

8. Keluarga besar AMPIBI 11 yang selalu menemani dikampus.
9. Seluruh civitas akademika Teknik Sistem Perkapalan dan semua pihak yang telah membantu dan memberi saran serta ide sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.

Penulis sangat sadar secara penuh terhadap tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, sehingga perlu kritik dan saran dari berbagai pihak untuk pengembangan karya ini lebih lanjut.

Semoga Tugas Akhir ini dapat menjadi amal serta dapat bermanfaat bagi pengembangan dunia *marine engineering* untuk menunjang pembangunan di bidang maritim.

Surabaya, Januari 2017

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah:.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Hasil Penelitian.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Propulsi Kapal	5
2.1.1. Umum	5
2.1.2. Propulsor.....	6
2.1.3. Propeller	7
2.1.4. Karakteristik Propeller.....	15
2.2. Rim Driven Propeller	17
2.3. Computational Fluid Dynamic	18

2.4.	Autodesk Inventor	21
2.5.	NUMECA CFD	22
2.5.1.	NUMECA Hexpress TM	23
2.5.2.	NUMECA Fine TM /Open	31
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		33
3.1.	Identifikasi dan Perumusan Masalah	33
3.2.	Studi Literatur.....	33
3.3.	Pengumpulan Data.....	34
3.4.	Penggambaran Model Propeller	34
3.5.	Simulasi	34
3.6.	Analisa Data dan Pembahasan.....	35
3.7.	Kesimpulan dan Saran	35
BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN		39
4.1.	Umum	39
4.2.	Permodelan Blade.....	39
4.3.	Permodelan RDP duct	40
4.4.	Permodelan pada Autodesk Inventor.....	40
4.5.	Pengolahan model pada NUMECA Fine Open	44
4.5.1.	Mesh Generation dengan Hexpress	44
4.5.2.	Simulasi CFD Fine Open.....	51
4.5.3.	Hasil Simulasi.....	54
4.5.4.	Perhitungan.....	57
4.5.5.	Pembahasan	60

4.5.6.	Kondisi Aliran Air dan Kavitasi	63
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1.	Kesimpulan.....	65
5.2.	Saran	65
	DAFTAR PUSTAKA	67
	LAMPIRAN	69
	BIODATA PENULIS	83

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.1 Sistem Propulsi Kapal yang terdiri dari motor induk, penyalur tenaga dan propulsor.....	5
Gambar 2.1.2 Layar yang merupakan salah satu jenis propulsor non mekanik	6
Gambar 2.1.3 Baling-Baling Hooke	8
Gambar 2.1.4 Propeller Jenis Fixed Pitch Propeller.....	9
Gambar 2.1.5 Propeller Jenis Ducted Fixed Pitch Propeller	10
Gambar 2.1.6 Propeller Jenis Contra Rotating Propeller	11
Gambar 2.1.7 Propeller jenis Controllable Pitch Propeller	12
Gambar 2.1.8 Waterjet Propulsion	13
Gambar 2.1.9 Cycloidal Propulsors.....	13
Gambar 2.1.10 Propeller Jenis Azimuth.....	14
Gambar 2.2.1 RDP desain perusahaan Voith Jerman.....	18
Gambar 2.3.1 Contoh hasil simulasi CFD pada kapal.....	20
Gambar 2.5.1 Tanda Student Version pada NUMECA Fine Open v 5.2.....	23
Gambar 2.5.2 Proses Pembuatan Domain	24
Gambar 2.5.3 Proses Pembuatan Domain pada Hexpress	25
Gambar 2.5.4 Langkah Mesh Generation pada Hexpress	26
Gambar 2.5.5 Gambaran Refinement	27
Gambar 2.5.6 Pembagian Subdivision pada Hexpress	28
Gambar 2.5.7 Gambaran Trimming pada Hexpress	28
Gambar 2.5.8 Negative cell, titik B menjorok ke dalam cell sehingga volumenya menjadi 0	29
Gambar 2.5.9 Cell yang benar (kiri) dan twisted cell (kanan).....	30
Gambar 2.5.10 proses Viscous Layer Inserting.....	30
Gambar 2.5.11 Panel Mesh Wizard.....	31
Gambar 4.2.1 Gambar Propeller Ka-70.....	40
Gambar 4.3.1 Gambar Duct (Modifikasi JD 7704 Duct)	40
Gambar 4.4.1 Hasil Surface Loft Inventor	41

Gambar 4.4.2 Hasil Geometri setelah menjadi solid	42
Gambar 4.4.3 Ukuran Duct	43
Gambar 4.4.4 Model RDP yang telah selesai	43
Gambar 4.5.1 Membuat File Baru di Hexpress	45
Gambar 4.5.2 Impor Model pada Hexpress	46
Gambar 4.5.3 Hasil Impor Model	46
Gambar 4.5.4 CAD Manipulation pada Hexpress	47
Gambar 4.5.5 Pembuatan Domain	48
Gambar 4.5.6 Proses Mesh Generation	49
Gambar 4.5.7 Meshing keseluruhan	49
Gambar 4.5.8 Hasil dari meshing pada propeller	50
Gambar 4.5.9 Pengecekan Twisted Cell	50
Gambar 4.5.10 Pengecekan Concave Cell	51
Gambar 4.5.11 Pengecekan Negative Cell	51
Gambar 4.5.12 Jumlah cell pada model	52
Gambar 4.5.13 Pemberitahuan setelah model selesai	53
Gambar 4.5.14 Grafik Global Residual Fluid	53
Gambar 4.5.15 Salah satu koreksi massflow yang menunjukkan nilai 0,087%	54
Gambar 4.5.16 Hasil simulasi dari solver NUMECA	55
Gambar 4.5.17 Grafik KT-J pada blade 3,4 dan 5	60
Gambar 4.5.18 Grafik KQ-J pada blade 3,4 dan 5	61
Gambar 4.5.19 Grafik efisiensi -J pada blade 3,4 dan 5	62
Gambar 4.5.20 Potensi Kavitasi pada hubless RDP (iso-surface)	64
Gambar 4.5.21 Pada Analisa iso-surface terlihat pula potensi kavitasi pada blade.	64

DAFTAR TABEL

Tabel 4.2.1. Spesifikasi Propeller	39
Tabel 4.5.1 Hasil Simulasi pada RDP Blade 3	55
Tabel 4.5.2 Hasil Simulasi pada RDP Blade 4	56
Tabel 4.5.3 Hasil Simulasi Pada RDP Blade 5	56
Tabel 4.5.4 KT dan 10 KQ pada Blade 3	58
Tabel 4.5.5 KT dan 10 KQ pada Blade 4	58
Tabel 4.5.6 KT dan 10 KQ pada Blade 5	59

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Pengembangan alat penggerak kapal tipe baling-baling sudah dikembangkan sejak manusia mengenal kapal sebagai alat transportasi permukaan air di dunia. Dimulai sejak penggunaan dayung, hingga penggunaan screw propulsion oleh Leonardo Da Vinci pada tahun 1500. Sebelumnya, alat yang menggunakan screw digunakan untuk memindahkan air oleh Archimedes pada tahun 250. Kemudian Hooke membuat baling baling yang bentuknya seperti kincir angin (*windmill*) pada tahun 1683. Pada tahun 1752 bernouli mendapatkan penghargaan atas baling-baling hasil desainnya, baling-baling ini dinamakan Bernoulli's propeller (Carlton, 2007). Hingga kini ada beberapa jenis desain propeller kapal yang digunakan seperti Wangeningen series, Taylor, dan Griffith.

Propeller, sejatinya merupakan suatu alat yang berotasi dan menghasilkan dorongan (*thrust*) untuk menggerakkan benda tertentu seperti pesawat terbang maupun kapal (Huda, 2010). Pada penggunaannya untuk kapal di zaman modern ini, propeller dapat dibagi menjadi beberapa jenis baik tergantung dari cara kerjanya, bentuk bilahnya, maupun kemampuan khusus yang dimiliki propeller.

Penggunaan *duct* yang mengelilingi propeller sudah digunakan secara komersil. *Duct* tersebut dapat memberikan efisiensi lebih baik dan juga melindungi

propeller dari hantaman fisik (Widayatno, 2011). Hingga ditemukannya RDP (Rim Driven Propeller) dan digunakan pada kapal USSR Valery Chalov dan Rodina (Lebedev, 1969). RDP menempatkan bilah propeller tersambung tetap pada rumahnya yang disebut rim, bahkan ada jenis RDP yang tidak menggunakan *hub*. RDP mempunyai beberapa kelebihan yaitu:

1. Mengurangi pressure head loss dan membuat aliran air yang melewati propeller lebih uniform dikarenakan pod dan struts tidak digunakan lagi.
2. Mengurangi kebisingan dan getaran dikarenakan minimnya tip vortex.
3. Berkurangnya resiko *cable entrapment* karena tidak adanya shaft.
4. Tidak adanya loss energi yang disebabkan oleh adanya gap antara bilah propeller dan rim.

Oleh karena potensi yang dimiliki oleh RDP begitu besar dan dapat memberikan keuntungan di beberapa poin maka sudah semestinya RDP dapat digunakan secara aplikatif dan luas. Poin penting yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah mengetahui peforma yang dihasilkan oleh RDP. Peforma yang dimaksud meliputi Thrust, Torsi dan efisiensi RDP yang didesain. Desain dari tunnel (*duct*) menggunakan tipe JD 7704 yang juga pada penelitian sebelumnya telah dimodifikasi khusus RDP. Kemudian dimodifikasi karena bagian poros dihilangkan dan bilah terluar disambungkan pada *duct*.

1.2.Perumusan Masalah

Propeller memiliki kontur yang menyamai sayap pesawat atau sering disebut aerofoil. Bentuk ini memungkinkan sayap menghasilkan daya angkat dan pada propeller, hal ini menyebabkan propeller menghasilkan *thrust*, namun pada tip propeller terjadi tip vortex yang menyebabkan *energy loss*. RDP mengeliminasi *tip vortex* tersebut dengan menyambungkan bagian terluar bilah terhubung pada *duct*. Oleh karena itu dirumuskan beberapa permasalahan diantaranya:

1. Berapa nilai Gaya Dorong, Torsi Efisiensi yang dihasilkan oleh Propeller Kaplan RDP?
2. Berapa nilai KQ, KT dan Efisiensi yang dihasilkan oleh Propeller Kaplan RDP?

1.3.Batasan Masalah:

Batasan Masalah dari penelitian ini adalah

1. Metode yang digunakan adalah percobaan dengan menggunakan komputer dan perangkat lunak pengolah CFD yaitu NUMECA Fine Open.
2. Percobaan disimulasikan pada kondisi Open Water.
3. Hasil yang dicari berupa performa meliputi Daya Dorong, Torsi dan Efisiensi.
4. Tidak menganalisa kekuatan material yang digunakan.
5. Tidak menganalisa segi ekonomis.

1.4.Tujuan Penelitian.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengungkap performa modifikasi propeller Kaplan yang dimodifikasi menjadi hubless Rim Driven Propeller Peforma meliputi thrust dan torque serta nilai non-dimensional seperti KQ dan KT serta efisiensi.

1.5.Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah menghasilkan desain propeller alternatif yaitu RDP yang diharapkan dapat digunakan dalam dunia Perkapalan secara luas.

1.6. Hasil Penelitian.

Hasil dari penelitian ini adalah desain modifikasi Propeller Kapan dan performa (*Thrust, Torque dan efisiensi*) sebagaimana yang telah dijelaskan dalam bentuk grafik dan tabel.

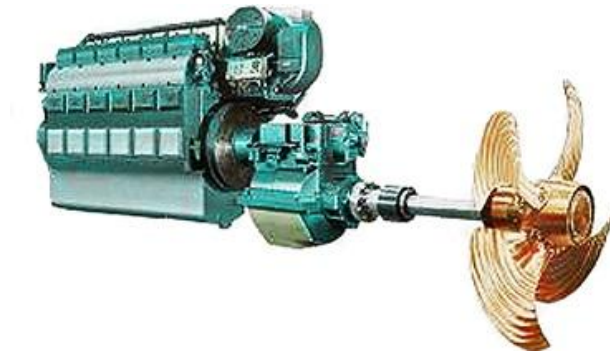
BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Propulsi Kapal

2.1.1. Umum

Dalam operasinya, kapal dituntut untuk memiliki kemampuan mempertahankan kecepatan seperti yang direncanakan dalam hal ini kecepatan yang dimaksud adalah kecepatan saat pelayanan (V_s). hal ini berarti kapal harus mempunyai rancangan sistem propulsi (penggerak) yang dapat melawan gaya hambat yang dialami kapal.



Gambar 2.1.1 Sistem Propulsi Kapal yang terdiri dari motor induk, penyalur tenaga dan propulsor
(sumber: mpropulsion)

Propulsi Kapal terdiri dari 3 komponen utama yaitu Motor Penggerak, Sistem transmisi dan Alat Gerak (propulsor). Ketiga komponen ini merupakan satu kesatuan yang dalam perancangannya tidak dapat ditinjau terpisah. Kesalahan perancangan pada satu komponen, dapat menyebabkan terjadinya kegagalan

seluruh sistem. Konsekuensinya dapat terjadi hal hal sebagai berikut :

1. Tidak tercapainya kecepatan dinas yang direncanakan.
2. Konsumsi bahan bakar yang tidak efisien.
3. Turunnya nilai ekonomis dari kapal tersebut.
4. Mempengaruhi tingkat vibrasi dan sebagainya.

2.1.2. Propulsor

Propulsor merupakan alat gerak yang digunakan dalam sistem propulsi kapal. Propulsor dapat dibagi menjadi 2 yaitu alat gerak kapal mekanik dan non mekanik.



Gambar 2.1.2 Layar yang merupakan salah satu jenis propulsor non mekanik (sumber: Desportolândia)

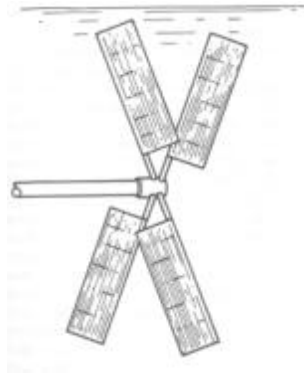
Propulsor non mekanik contohnya adalah dayung maupun layar. Sedangkan propulsor mekanik contohnya adalah sebagai berikut :

1. *Fixed Pitch Propeller*
2. *Ducted Propeller*
3. *Contra-Rotating Propeller*
4. *Overlapping propeller*
5. *Controllable Pitch Propeller*
6. *Waterjet Propulsion System*
7. *Cyclodial Propeller*
8. *Paddle Wheels*
9. *Superconducting Electric Propulsion System*
10. *Azimuth Podded Propulsion System*
11. *Rim Driven Propeller*

2.1.3. Propeller

Pengembangan alat penggerak kapal tipe baling-baling sudah dikembangkan sejak manusia mengenal kapal sebagai alat transportasi permukaan air di dunia. Dimulai sejak penggunaan dayung, hingga penggunaan screw propulsion oleh Leonardo Da Vinci pada tahun 1500. Sebelumnya, alat yang menggunakan screw digunakan untuk memindahkan air oleh Archimedes pada tahun 250. Kemudian Hooke membuat baling baling yang bentuknya seperti kincir angin (windmill) pada tahun 1683. Pada 1752 bernouli mendapatkan penghargaan atas baling-baling hasil desainnya, baling-baling ini dinamakan Bernoulli's propeller (Carlton, 2007). Hingga kini ada

beberapa jenis desain propeller kapal yang digunakan seperti Wangeningen series, Taylor, dan Griffith.



Gambar 2.1.3 Baling-Baling Hooke (sumber: marine propellor second edition)

Propeller, sejatinya merupakan suatu alat yang berotasi dan menghasilkan dorongan (*thrust*) untuk mengerakkan benda tertentu seperti pesawat terbang maupun kapal (Huda, 2010). Pada penggunaannya untuk kapal di zaman modern ini, propeller dapat dibagi menjadi beberapa jenis baik tergantung dari cara kerjanya, bentuk bilahnya, maupun kemampuan khusus yang dimiliki propeller. Sejak manusia mengenal propeller, sudah ada beberapa jenis propeller yang dibuat dan digunakan, diantaranya.

1. *Fixed Pitch Propellers (FPP)*

Baling- baling FPP merupakan jenis yang sangat umum digunakan pada wahana permukaan air dari tipe manapun. Baik kapal Besar pengangkut kargo

hingga kapal sungai yang berdaya motor kecil. Pada FPP seperti namanya, pitch maupun distribusi pitch pada bilah propeller besarannya tidak dapat diubah. Hal ini terjadi Karena pada FPP, bilah terpasang tetap dan tidak dapat bergerak dari porosnya.



Gambar 2.1.4 Propeller Jenis Fixed Pitch Propeller
(sumber: bpress)

2. *Ducted FPP*

Tipe FPP *ducted* menambahkan saluran pipa disekeliling propeller untuk meminimalisir dampak tip vortex. Saluran pipa (*Duct*) berbentuk seperti gelang yang mana mempunyai potongan melintang berbentuk aerofoil. Keberadaan ‘saluran pipa’ (*duct*) akan mengurangi gaya-gaya tekanan yang induced pada lambung kapal. Baling-baling jenis ini dikenal dengan sebutan Kort Nozzles, melalui pengenalan Kort Propulsion Company’s sebagai pemegang Hak Paten dan asosiasi dari jenis baling-baling ini. Efisiensi

Baling-Baling ditingkatkan tergantung beban yang dialami baling-baling.



Gambar 2.1.5 Propeller Jenis *Ducted Fixed Pitch* Propeller (sumber: manualvuelo)

3. *Contra-rotating propellers*

Baling-baling jenis ini mempunyai dua propellers yang dipasang dalam satu sumbu poros, secara tersusun satu didepan yang lainnya dan berputar saling berlawanan arah. Baling-baling ini memiliki keuntungan hidrodinamis terhadap permasalahan ‘slip stream’ yang mungkin akan hilang bilamana kita menggunakan sistem ‘single screw propeller’ yang konvensional. Energi yang dapat diselamatkan sekitar 15% dari dayanya. Baling-baling jenis ini biasanya diaplikasikan pada small outboard units yang beroperasi pada putaran 1500 sampai dengan 2000 RPM. Untuk aplikasi pada kapalkapal yang berukuran relatif besar terdapat permasalahan teknis yang terkait dengan sistem perporosan yang relatif mempunyai ukuran lebih panjang.



Gambar 2.1.6 Propeller Jenis Contra Rotating Propeller (sumber: marinewiki)

4. *Controllable Pitch Propellers (CPP)*

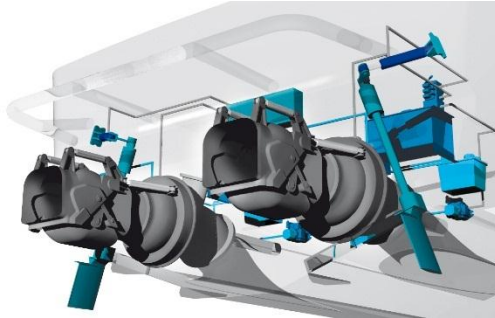
Pemilihan dalam aplikasi baling-baling CPP dibandingkan dengan penerapan FPP adalah disebabkan oleh kebutuhan yang lebih tinggi untuk pengaturan dalam operasional motor penggerak yang lebih fleksibel. Baling-baling CPP mampu mengubah pitch *blade* dengan memutar sumbu putar yang terdapat pada setiap *blade*. Tipe propeller seperti ini cocok digiunakan pada kapal dengan waktu maneuver tinggi seperti Tug dan Trawler. Namun demikian, biaya manufaktur/fabrikasinya adalah sangat tinggi serta kebutuhan biaya untuk perawatan dan perbaikan juga relatif tinggi.



Gambar 2.1.7 Propeller jenis Controllable Pitch Propeller (sumber: heliciel)

5. *Waterjet Propulsion System*

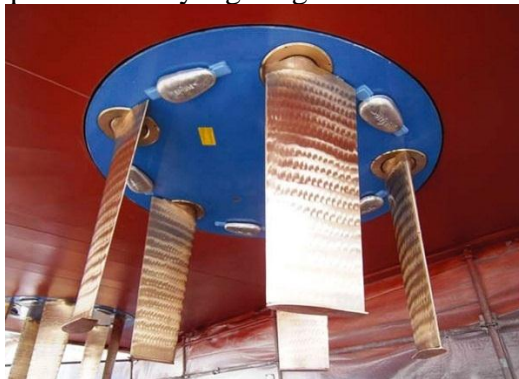
Sistem propulsi waterjet telah menjawab tentang kebutuhan akan aplikasi sistem propulsi untuk small high speed crafts. Cukup sulit menemukan Waterjet pada kapal besar. Prinsip operasi dari waterjet, air dihisap melalui sistem *ducting* oleh internal pump yang mana terjadi penambahan energi pada air. Kemudian, air tersebut di semprotkan ke belakang dengan kecepatan yang tinggi. Gaya dorong (*Thrust*) yang dihasilkan merupakan hasil dari penambahan momentum yang diberikan ke air.



Gambar 2.1.8 Waterjet Propulsion
(sumber: marinejetpower)

6. *Cycloidal Propellers*

Cycloidal Propellers adalah juga dikenal dengan sebutan baling-baling poros vertikal meliputi satu set bilah vertical yang juga berputar secara vertikal. Sistem ini mempunyai keuntungan yang pantas dipertimbangkan ketika kemampuan olah gerak dalam mempertahankan posisi kapal merupakan faktor yang sangat dibutuhkan.



Gambar 2.1.9 Cycloidal Propulsors (sumber: voith)

7. *Azimuth Podded Propulsion System*

Jenis propulsion system ini memiliki tingkat olah-gerak kapal dan efisiensi yang tinggi, demikian juga dengan tingkat kebisingan yang relatif rendah. Saat ini pengguna terbanyak dari propulsor jenis ini adalah kapal-kapal pesiar. Azimuth Pod dapat mengubah arah gaya doron dengan cepat dan efisien.



Gambar 2.1.10 Propeller Jenis Azimuth

Baling-baling umumnya diletakkan pada kedudukan yang serendah mungkin di bagian belakang kapal. Suatu baling-baling harus mempunyai garis tengah (diameter) demikian rupa sehingga bila kapal dalam keadaan bermuatan penuh baling-baling tersebut akan terbenam dengan memadai sehingga dapat menghindari sejauh mungkin terjadinya fenomena terikutnya udara (*airdrawing*) dan pemacuan baling-baling (*racing*) ketika kapal mengalami gerakan *pitching*. Sebagai taksiran cepat dan kasar, garis

tengah baling-baling harus lebih kecil daripada dua pertiga sarat buritan, yaitu [1]:

$$D_{maks} = \frac{2}{3} T_A \quad (1)$$

2.1.4. Karakteristik Propeller

Gaya Dorong (*Thrust*) kapal merupakan komponen yang sangat penting, yang mana digunakan untuk mengatasi Tahanan (*Resistance*) atau Gaya Hambat kapal. Pada kondisi yang sangat-sangat ideal, besarnya gaya dorong yang hambat yang terjadi dikapal. Namun kondisi tersebut sangat sangat tidak realistis, karena pada faktanya di badan kapal tersebut terjadi *phenomena* hidrodinamis yang menimbulkan *degradasi* terhadap nilai besaran gaya dorong kapal. Sehingga untuk gaya dorong kapal dapat ditulis seperti model persamaan, sebagai berikut (S.W Adji, 2005);

$$T = \frac{R}{(1-t)}; \quad (2)$$

$$R_T = 0,5 \times \rho \times C_T \times S \times V_s^2 \quad (3)$$

dimana $0,5 \times \rho \times C_T \times S = \alpha$ sehingga

$$R_T = \alpha \times V_s^2; \quad (4)$$

kemudian diketahui rumus

$$T = \frac{V_a}{(1-t)} \quad (5)$$

$$w = 1 - \frac{V_a}{V_s} \quad (6)$$

$$V_s = \frac{V_a}{(1-t)} \quad (7)$$

$$V_{SHIP} = \frac{\alpha \times V_A^2}{(1-t)(1-w)^2} \quad (8)$$

$$J = \frac{V_A}{n \times D} \quad (9)$$

$$\eta_0 = \frac{J \times K_T}{2\pi \times K_Q} \quad (10)$$

Dimana:

K_T = Koefisien gaya dorong baling-baling.

K_Q = Koefisien torsi baling-baling.

J = Koefisien advanced baling-baling

V_a = Kecepatan advanced.

D = Diameter Propeller.

n = Putaran Propeller.

T = *Thrust* Propeller.

Q = *Torque* Propeller.

ρ = Massa jenis fluida (*fluid density*)

Thrust dan Torsi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$T_{prop} = K_T \rho n^2 D^4 \dots\dots\dots(11)$$

$$Q_{prop} = K_Q \rho n^2 D^5 \dots\dots\dots(12)$$

2.2. Rim Driven Propeller

Rim Driven Propeller merupakan propulsor yang pusat gerakannya tidak berasal dari titik pusat poros melainkan gerakannya berasal dari *duct* yang bangiannya dapat berputar. Jadi *tip* bilah propeller menempel pada bagian *duct* (Bao et all, 2015). Bahkan ada tipe RDP yang tidak mempunyai poros tengah (*hub*) sehingga gangguan yang disebabkan oleh benda di air tidak dapat tersangkut di bilah propeller.

RDP sudah ditemukan dan dipakai sejak pertengahan abad 20 di Jerman (Lebedev, 1969) yaitu pada kapal Valery Chkalov dan Rodina milik Soviet. Pada perkembangannya, RDP digunakan sebagai *Thruster*. Maka namanya juga berubah menjadi *RIM Driven Thruster*. Pada saat ini dimana motor elektrik teknologi sudah modern, RDT juga umum digunakan (Alexey et all, 2011). RDP mempunyai beberapa kelebihan yaitu:

1. Mengurangi *pressure head loss* dan membuat aliran air yang melewati propeller lebih *uniform* dikarenakan *pod* dan *struts* tidak digunakan lagi.

2. Mengurangi kebisingan dan getaran dikarenakan tidak adanya *tip vortex*.
3. Berkurangnya resiko *cable entrapment* karena tidak adanya shaft.
4. Tidak adanya *loss energy* yang disebabkan oleh adanya gap antara bilah propeller dan rim.

RDP maupun RDT sudah dikembangkan oleh beberapa perusahaan di dunia seperti Voith (Jerman), Brunvoll (Norwegia) dan Van der Velden (Belanda) (Bao, 2015).



Gambar 2.2.1 RDP desain perusahaan brunvoll Jerman
(sumber : brunvoll)

2.3. Computational Fluid Dynamic

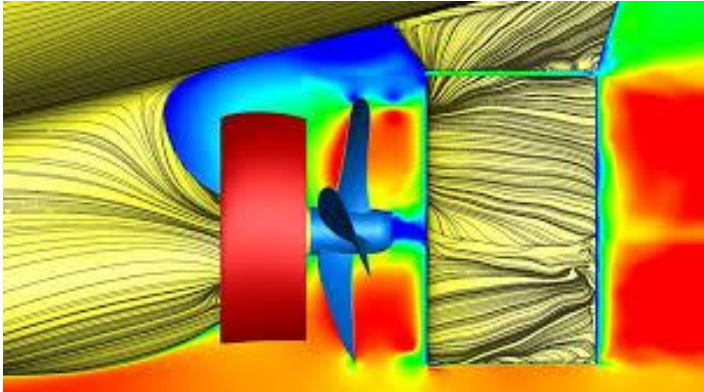
Computational Fluid Dynamics (CFD) merupakan salah satu cabang dari mekanika fluida yang

menggunakan metode numerik dan algoritma untuk menyelesaikan dan menganalisa permasalahan yang berhubungan dengan aliran fluida. Tujuan dari CFD adalah untuk memprediksi secara akurat tentang aliran fluida, perpindahan panas, dan reaksi kimia dalam sistem yang kompleks, yang melibatkan satu atau semua fenomena di atas (Widayatno, Utama KAP, 2011) . Ada beberapa keuntungan dari penggunaan metode CFD yaitu:

1. Menekan biaya dan waktu dalam mendesain suatu produk, jika proses desain tersebut dilakukan dengan uji eksperimen dengan akurasi tinggi.
2. Mempunyai kemampuan sistem studi yang dapat mengendalikan percobaan yang sulit atau tidak mungkin dilakukan melalui eksperimen.
3. Mempunyai kemampuan untuk sistem studi di bawah kondisi berbahaya pada saat atau sesudah melewati titik kritis (termasuk studi keselamatan dan skenario kecelakaan).
4. Keakuratannya akan selalu dikontrol dalam proses desain.

Penggunaan metode CFD guna menyelesaikan masalah aliran pada propeller telah mengalami kemajuan cukup pesat pada akhir-akhir ini. Bahkan pada saat ini teknik CFD merupakan bagian dari proses desain dalam diagram spiral perancangan. *Code Computational Fluid Dynamics* terdiri dari tiga elemen utama yaitu:

1. *Pre Processor*
2. *Solver Manager*
3. *Post Processor*



Gambar 2.3.1 Contoh hasil simulasi CFD pada kapal
(sumber: marin)

Sebuah pemahaman yang baik diperlukan dalam menyelesaikan algoritma penyelesaian numerik. Terdapat tiga konsep matematika yang berguna dalam menentukan berhasil atau tidaknya algoritma :

1. Konvergensi, merupakan properti metode numerik untuk menghasilkan solusi yang mendekati solusi eksakta sebagai *grid spacing*, ukuran kontrol volume atau ukuran elemen dikurangi mendekati nol.
2. Konsisten, merupakan suatu skema numerik yang menghasilkan sistem persamaan aljabar yang dapat diperlihatkan ekuivalen dengan

persamaan pengendali sebagai grid spasi mendekati nol.

3. Stabilitas, yaitu penggunaan faktor kesalahan sebagai indikasi metode numerik. Jika sebuah teknik tidak stabil dalam setiap kesalahan pembulatan bahkan dalam data awal dapat menyebabkan osilasi atau divergensi.

Ada beberapa perangkat lunak yang digunakan untuk membantu dalam pengerjaan CFD seperti Ansys, Nastran dan Open Foam. Dalam Skripsi ini peneliti menggunakan perangkat lunak NUMECA Fine Open karena peneliti mendapat lisensi khusus untuk penggunaan mahasiswa dan peneliti.

2.4. Autodesk Inventor

Autodesk Inventor Professional (AIP) adalah salah satu perangkat lunak (software) jenis *Computer Aided Drawing* (CAD) yang lebih menekankan pada pemodelan solid. Perangkat lunak ini adalah salah satu produk dari Autodesk Inc. yang dahulu lebih dikenal karena produk AutoCAD.

AIP lebih ditujukan untuk penggambaran teknik pemesinan (Mechanical Engineering) yang menyediakan secara lengkap fasilitas untuk memvisualisasikan model dalam 3D, gambar rakitan (assembly), gambar kerja (drawing), animasi dari benda yang akan dibuat secara digital. Dokumen digital ini akan membantu kita memvisualisasikan, mensimulasikan dan menganalisa suatu produk sebelum dibuat atau dengan kata lain

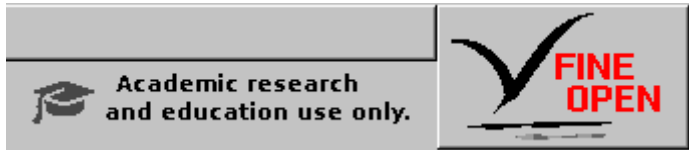
purwarupa secara virtual. Setelah purwarupa secara virtual dinyatakan layak maka akan dilanjutkan pada tahapan membuat purwarupa secara fisik kemudian diuji coba melalui berbagai tahapan pengujian. Setelah lolos dari tahap ini barulah produk diproduksi secara masal. Dengan demikian perusahaan dapat menghasilkan produk baru dengan waktu lebih singkat dan biaya yang lebih rendah, hal ini akan membantu perusahaan menjadi lebih cepat mengeluarkan produk-produk baru yang inovatif.

Dalam skripsi ini Autodesk Inventor Professional yang digunakan adalah versi student edisi 2015 dengan nomor produk 797G1 yang teregistrasi pada kode 900-3469xxxx atas email syamsi11@mhs.ne.its.ac.id. Autodesk inventor digunakan untuk menggambar bilah propeller dan *ducting* yang akan dianalisa pada skripsi ini.

2.5. NUMECA CFD

NUMECA merupakan merk dagang dari perusahaan internasional penyedia perangkat lunak pengolah CFD NUMECA International. NUMECA mempunyai produk untuk pengolah desain dan meshing serta solver untuk perangkat lunak pengolah CFD. Beberapa perangkat lunak tersebut akan digunakan pada skripsi ini. Peneliti menggunakan NUMECA Versi 5.2 dengan lisensi student. Lisensi ini khusus untuk para peneliti dan civitas akademis. Data yang dihasilkan dari NUMECA student version tidak dapat digunakan untuk tujuan komersil namun hanya untuk tujuan penelitian dan pengembangan. Dalam

NUMECA yang berlisensi ini akan ada tanda khusus dalam GUI begitu pula pada hasil simulasi akan ada tanda yang menampilkan bahwa hasil tersebut menggunakan NUMECA student version.



Gambar 2.5.1 Tanda Student Version pada NUMECA Fine Open v 5.2

2.5.1. NUMECA Hexpress™

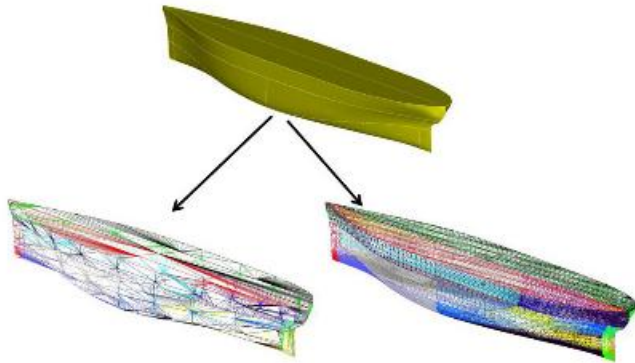
2.4.1.1.Pre Processing

Numeca Hexpress merupakan perangkat lunak untuk mengolah model dari volume fluida yang akan dianalisa dalam solver. Perlu diketahui bahwa pada Analisa CFD sebetulnya yang harus dimodelkan adalah fluida yang akan dianalisa, bukan bentuk benda padatnya. Namun pada proses desain hal itu akan merepotkan desainer dalam mengembangkan modelnya. Hexpress menyediakan fasilitas CAD Manipulation dimana model yang dibuat oleh disainer dapat dengan mudah diolah agar siap dianalisa oleh CFD Solver

Langkah awal pada pengoperasian hexpress desainer terlebih dahulu harus mengimpor model yang telah dibuat kedalam hexpress. Beberapa file CAD yang dapat diimpor langsung ke hexpress diantaranya:

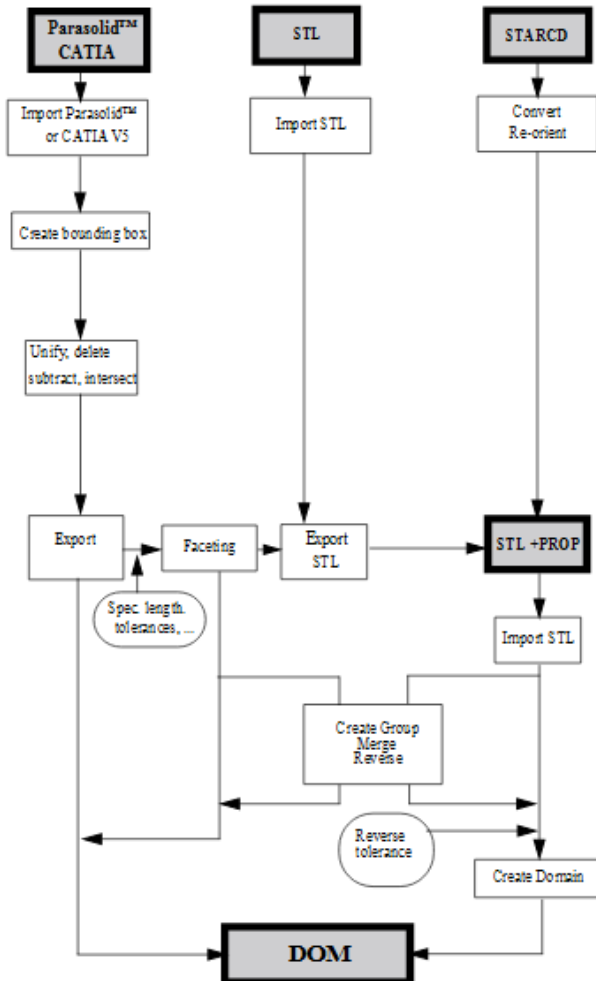
1. .stl
2. Parasolid File .x_t maupun .x_b
3. Catia Part .catpart
4. Catia Asm .catamm

Setelah itu, desainer akan diminta untuk mengubah model tersebut menjadi format domain dengan terlebih dahulu menentukan grid yang diaplikasikan pada model. Perlu diperhatikan bila semakin sedikit angka bentuk grid maka nantinya meshing yang dihasilkan dapat lebih baik. Namun perlu diperhatikan juga kapasitas RAM dan frekuensi Prosesor dari komputer yang digunakan. Setelah domain dibuat dan diimpor kembali ke hexpress, maka model siap masuk proses meshing.



Gambar 2.5.2 Proses Pembuatan Domain
(sumber: hexpress manual)

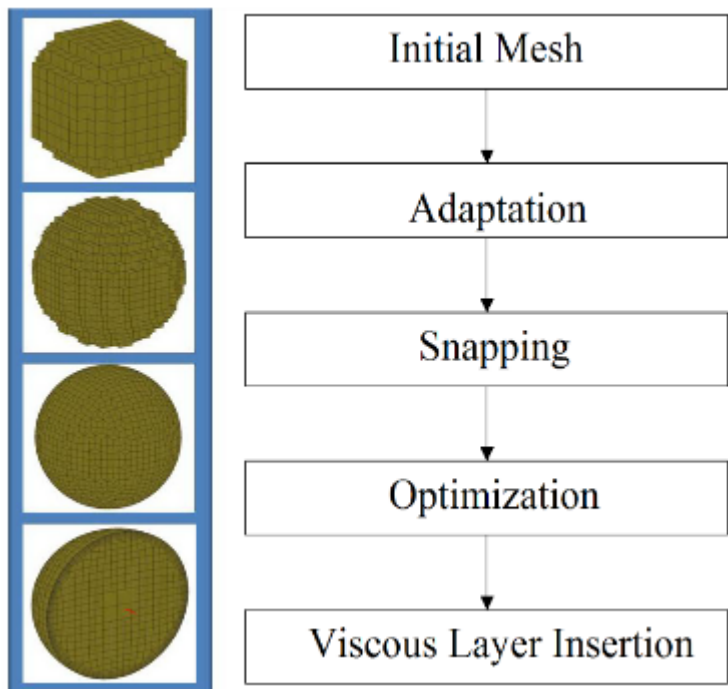
Secara umum proses pre meshing dilakukan seperti gambar



Gambar 2.5.3 Proses Pembuatan Domain pada Hexpress (sumber: hexpress manual)

2.4.1.2. Meshing

Proses selanjutnya adalah proses meshing. Proses ini bertujuan untuk membuat suatu susunan atau yang lazim disebut *cell* agar model dapat dijalankan dan dianalisa oleh solver Fine Open. Proses ini terdiri dari 5 tahapan yang ada dalam mesh wizard diantaranya:



Gambar 2.5.4 Langkah Mesh Generation pada Hexpress
(sumber: hexpress manual)

1. Initial Mesh

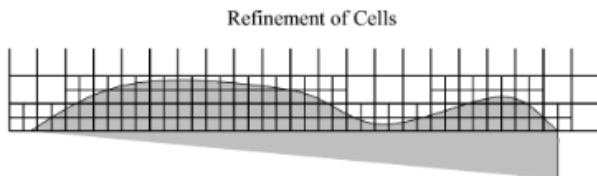
Proses ini membuat *cell* secara umum dan tidak akurat dari sebuah model. Proses ini hanya memetakan secara umum bentuk dari model.

2. Adapt to geometry

Proses ini merupakan proses yang penting dalam meshing menggunakan hexpress. Dalam proses ini *cell* yang terbentuk dalam tahap initial mesh akan di adaptasi oleh model. Dalam kata lain, *cell* yang dibentuk sudah menyerupai model yang dibuat. Dalam proses ini ada 2 hal penting yaitu refinement dan trimming.

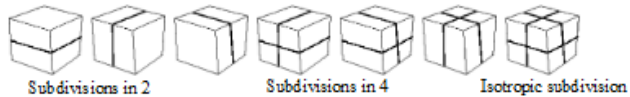
a. Refinement

Refinement membuat *cell* yang membuat bentuk dalam kurva menjadi lebih spesifik. Dalam proses refinement ada 3 hal yang dapat dilakukan refinement yaitu pada kurva, surface dan volume criterion.



Gambar 2.5.5 Gambaran Refinement
(sumber: hexpress manual)

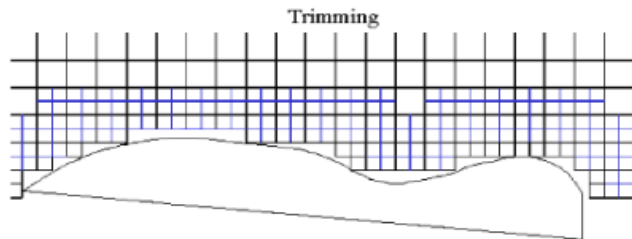
Pada proses ini, *cell* yang dibuat di initial mesh akan dibagi menjadi beberapa subdivisi tergantung pengaturan dari desainer.



Gambar 2.5.6 Pembagian Subdivision pada Hexpress
(sumber: hexpress manual)

b. Trimming

Proses trimming mengeliminasi semua *cell* yang terdapat di luar domain. *Cell* yang berada diluar domain akan otomatis dihapus dan dilakukan penyesuaian dengan *cell* yang lain.



Gambar 2.5.7 Gambaran Trimming pada Hexpress
(sumber: hexpress manual)

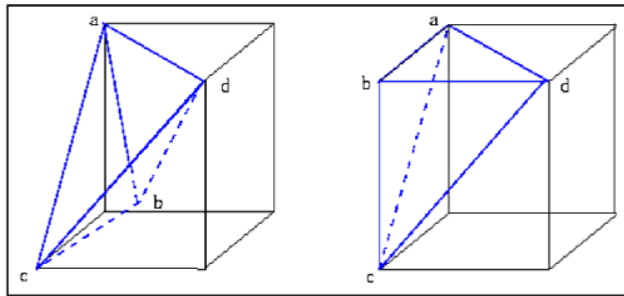
3. Snap to geometry

Tujuan dari proses ini ialah untuk menerapkan seluruh *cell* pada domain sehingga sudah tampak

jelas bentuk meshing yang akan digunakan beserta dapat pula dianalisa jumlah negative *cell* yang ada agar menjadi pertimbangan dalam menentukan jumlah refinement.

4. Optimize

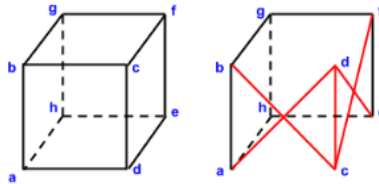
Setelah dilakukan snap, maka Hexpress akan menganalisa *cell* secara keseluruhan untuk menemukan negative volume. Negative volume ini terbentuk dari domain yang rumit namun tidak didukung dengan pengaturan *cell* yang baik. Namun biasanya dalam proses Snap to Geometry negative *cell* sudah tidak ada bila jumlah dan lokasi refinement dan trimming tepat dan sesuai.



Gambar 2.5.8 Negative *cell*, titik B menjorok ke dalam *cell* sehingga volumenya menjadi 0
(sumber: hexpress manual)

Namun selain negative *cell* ada beberapa hal yang dapat mengganggu pembentukan well formed *cell* yaitu adalah twisted *cell*. Twisted *cell* ini terbentuk Karena titik kordinat dari *cell* berlawanan arah

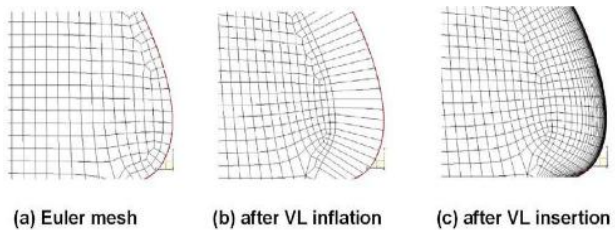
menyebabkan *cell* tidak terbentuk dengan baik. Hal ini pula yang menyebabkan *negative cell*.



Gambar 2.5.9 *Cell* yang benar (kiri) dan *twisted cell* (kanan) (sumber: hexpress manual)

5. Viscous Layer

Viscous layer memberikan *cell* tambahan pada permukaan domain dengan aspect ratio yang besar. Aspect ratio tersebut dapat menyebabkan solver terganggu nantinya.



Gambar 2.5.10 proses Viscous Layer Inserting (sumber: hexpress manual)

Setelah semua tahapan dilalui dengan benar (ditandai dengan warna hijau di kotak mesh

wizard) mesh siap dianalisa dalam solver Fine Open.



Gambar 2.5.11 Panel Mesh Wizard
(sumber: hexpress manual)

2.5.2. NUMECA FineTM/Open

NUMECA FineTM/Open merupakan solver untuk mengolah mesh yang telah dihasilkan mesh generator menjadi simulasi yang direncanakan peneliti. FineTM/Open hampir sama tugasnya dengan beberapa solver lain seperti CFX, Fluent dan Foam Solver. Pada penelitian ini mesh yang berhasil dihasilkan dari Hexpress akan dikerjakan di FineTM/Open untuk menentukan kondisi simulasi. Pada Skripsi ini dilakukan simulasi dalam keadaan Steady Flow. Dengan variasi yang telah ditentukan maka penentuan kecepatan aliran fluida yang masuk juga ditentukan pada NUMECA. Untuk mempercepat

proses simulasi maka dilakukan proses menggunakan CPU booster. Pada CPU booster ini angka CFL akan dibuat menjadi 1000 sehingga akan mempersingkat waktu simulasi. Pada keadaan CPU booster iterasi yang terjadi akan lebih singkat namun perlu diperhatikan tidak semua kondisi dapat dilakukan simulasi dengan CPU booster. Ada beberapa kondisi yang ditentukan pada simulasi seperti kondisi pre-conditioning fluida dan jenis turbulensi yang ditentukan (Pada keadaan steady flow maka menggunakan metode Spalart Amaras). Hasil dari simulasi ini adalah axial *thrust* dan *torque*. Juga dilakukan pengecekan pada massflow error yang pada simulasinya tidak boleh melebihi 0,5%.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Untuk menyelesaikan masalah diatas akan digunakan metode eksperimen. Eksperimen dilakukan menggunakan bantuan komputer untuk mensimulasikan eksperimen Open Water Test. Pada simulasi yang dilakukan menggunakan komputer ini juga dibantu dengan perangkat lunak Numeca Fine Open versi 5.2 termasuk beberapa perangkat lunak tambahan Hexpress versi 5.2. Seluruh perangkat lunak tersebut menggunakan lisensi khusus mahasiswa dan peneliti.

3.1. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Langkah pertama dalam Skripsi ini adalah dengan melakukan identifikasi terhadap permasalahan yang tersedia. Hasil identifikasi tersebut berupa rumusan masalah yang harus diselesaikan dalam skripsi ini. Agar dapat memberikan arahan yang jelas dalam proses pengerjaan, maka dibuat batasan masalah sehingga pembahasan yang dilakukan tidak terlampaui meluas.

3.2. Studi Literatur

Studi Literatur yang dilakukan menggunakan referensi-referensi dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya maupun dari buku buku teknik yang membahas tentang propeller. Referensi tersebut sangat erat kaitannya dengan propeller dan RDP dimana hal tersebut dapat menjadi pertimbangan untuk pelaksanaan pengerjaan Skripsi ini. Referensi yang digunakan meliputi Buku, Jurnal dan Artikel Ilmiah. Beberapa referensi didapatkan via internet dari website penyedia jurnal internasional seperti Elsevier

dan Digilib ITS. Juga dari beberapa hasil pengerjaan Skripsi dan Buku Bacaan tentang propeller di Perpustakaan ITS dan Ruang Baca FTK ITS.

3.3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk menunjang proses pengerjaan tugas akhir yang dimulai dari menggambar geometri propeller hingga Analisa data hasil simulasi menggunakan Fine Open. Data Propeller didapatkan dari perusahaan propeller, dimana perusahaan tersebut hanya memberikan data berupa dimensi umum. *Ducting* untuk RDP didapatkan dari jurnal yang membahas tentang RDP.

3.4. Penggambaran Model Propeller

Model propeller digambar melalui Autodesk Inventor (Student Version) kemudian data model tersebut diekspor menuju perangkat lunak NUMECA Fine Open.

3.5. Simulasi

Hasil meshing dari Hexpress maka dilakukan simulasi dengan solver Fine Open. Dalam tahap ini dapat ditentukan jenis fluida dan rotating surface. Hasil simulasi ini berupa pressure dan kecepatan aliran dalam setiap permukaan geometri propeller serta axial *thrust* dan *torque*. Variasi yang dilakukan adalah variasi nilai J dengan variasi antara 0,4 hingga 1 dengan perbedaan 0,1 pada setiap langkah.

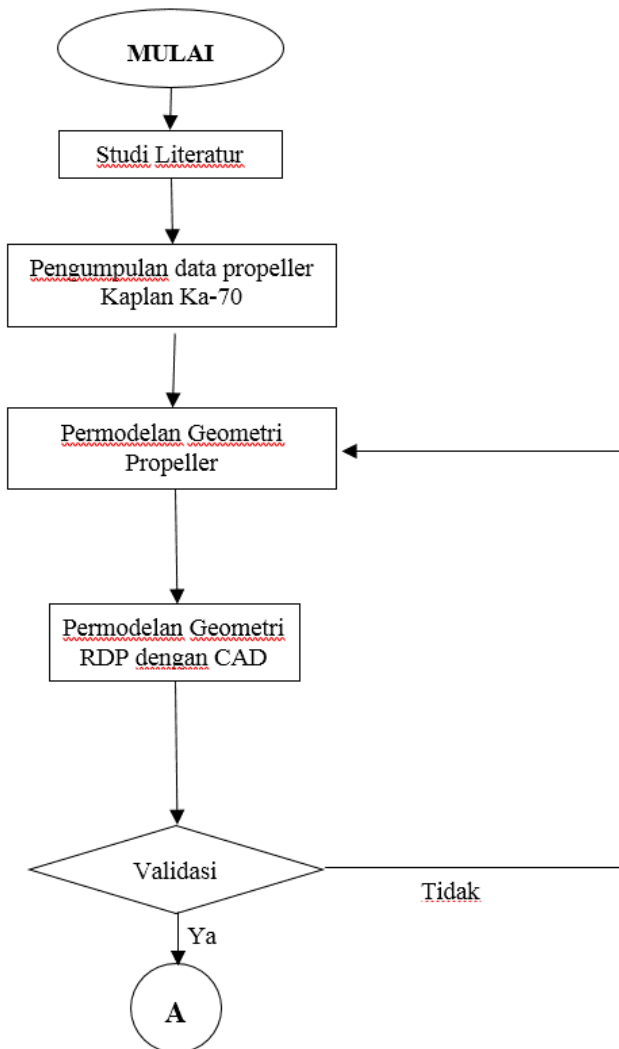
3.6. Analisa Data dan Pembahasan

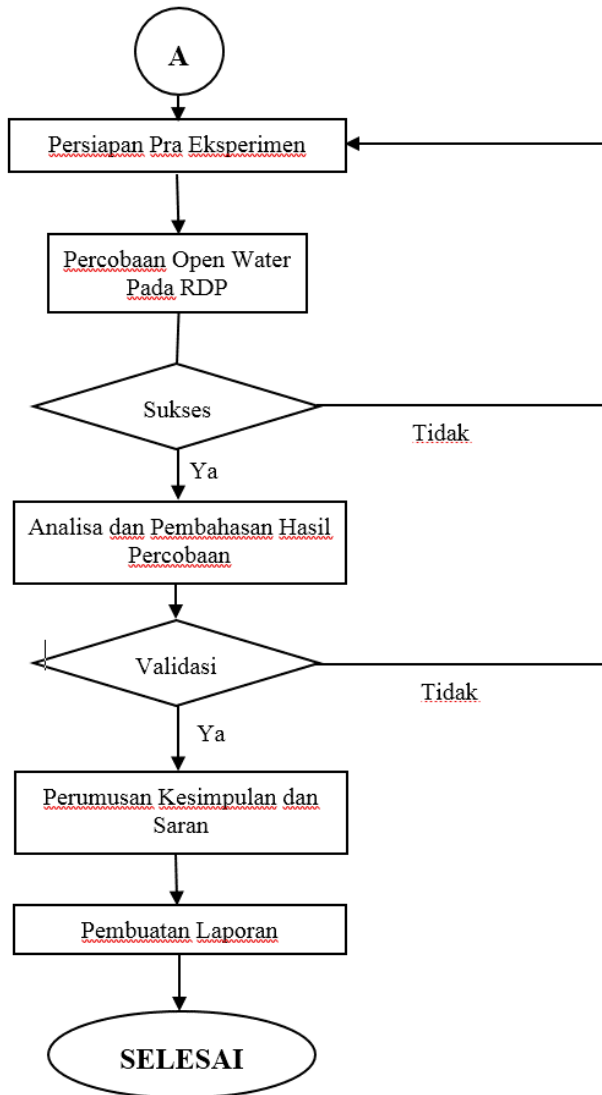
Data yang didapatkan dari hasil simulasi akan dilakukan pengolahan baik secara langsung maupun diolah kembali menggunakan hitungan analitis guna mendapatkan nilai dan variable yang diinginkan seperti nilai KQ, KT dan Efisiensi.

3.7. Kesimpulan dan Saran

Penarikan kesimpulan dan saran akan dilakukan ketika seluruh proses hingga Analisa data telah dilakukan. Penarikan kesimpulan erat *hubungannya* dengan hasil dari Analisa yang telah dilakukan. Saran yang akan diberikan mengandung hal-hal yang penting namun tidak diperhitungkan dalam skripsi ini.

Berikut adalah *flowchart* penelitian pada skripsi ini





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 4

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Umum

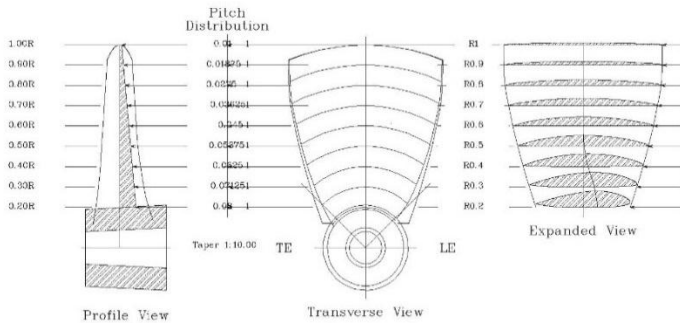
Pada bab ini akan dijelaskan tahap tahap pengerjaan Skripsi ini mulai dari pembuatan model hingga simulasi yang dilakukan pada model. Variasai yang ditentukan adalah besarnya RPM pada setiap simulasi. Ukuran dan bentuk bilah propeller dan *ducting* tetap.

4.2. Permodelan *Blade*

Skripsi ini menggunakan tipe propeller Kaplan Ka-70 dalam pengerjaannya. Tipe Kaplan dipilih karena bentuk diameter terluarnya berbentuk lingkaran sehingga bagian terluar propeller dapat dimodifikasi dengan menyambungkannya pada *Duct*. Berikut data propeller yang akan dimodelkan.

Tabel 4.2.1. Spesifikasi Propeller

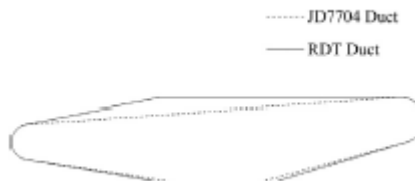
Type	Kaplan Ka-70
Diameter	2 m
EAR	0,7
Hub diam	0,2 D
n	250 rpm



Gambar 4.2.1 Gambar Propeller Ka-70

4.3. Permodelan RDP *duct*

Kemudian untuk *ducting* karena untuk RDP tidak ada data yang pasti terkait bentuk *duct* khusus untuk RDP maka skripsi ini menggunakan *ducting* dari jurnal karya Bao wei song, You-jiang wang dan Wen-long tian. *Duct* ini didesain untuk RDP yang menggunakan motor listrik terletak pada *duct*nya.



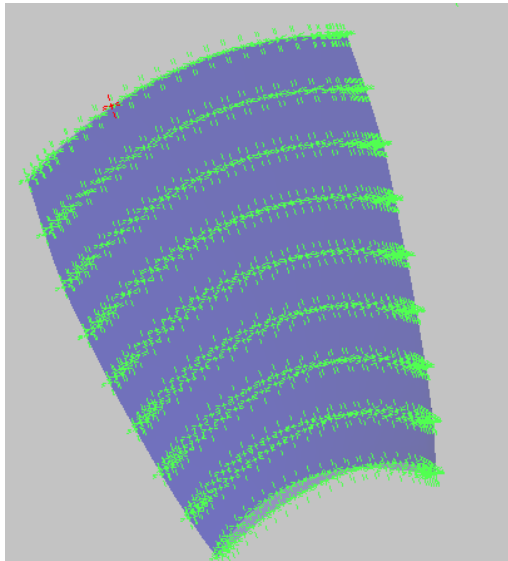
Gambar 4.3.1 Gambar *Duct* (Modifikasi JD 7704 Duct)

4.4. Permodelan pada Autodesk Inventor

Setelah ditentukan ukuran dari *blade* dan *duct* maka dilakukan permodelan pada Autodesk Inventor. Tujuan dari permodelan pada perangkat lunak ini

adalah mendapatkan model 3 dimensi (3D) dari *blade* dan *duct* agar dapat dilakukan Analisa pada perangkat lunak pengolah CFD (dalam skripsi ini akan digunakan NUMECA Fine Open v5.2).

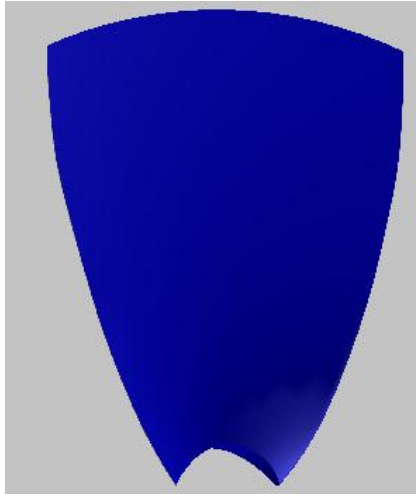
Pertama dilakukan permodelan untuk mendapatkan model tiga dimensi dari *blade*. Dengan data propeller yang dimiliki maka dapat dilakukan permodelan dengan menggunakan titik koordinat per jari jari kemudian dilakukan loft hingga menutup garis menjadi surface.



Gambar 4.4.1 Hasil Surface Loft Inventor

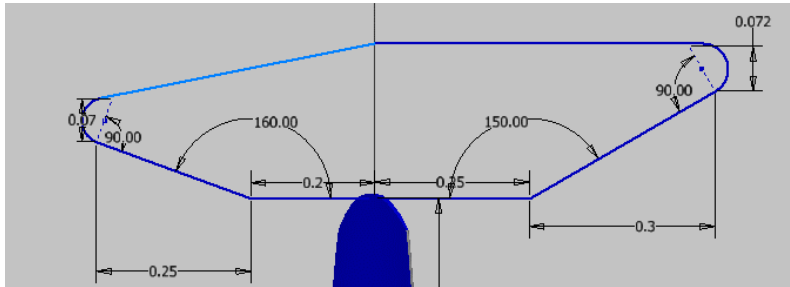
Permodelan *blade* yang masih berupa surface ini akan diubah menjadi bentuk solid karena pada pengolah CFD model yang dimasukkan harus solid. Dengan

menggunakan fasilitas snitch maka dapat didapatkan model solid dari *blade* tersebut.



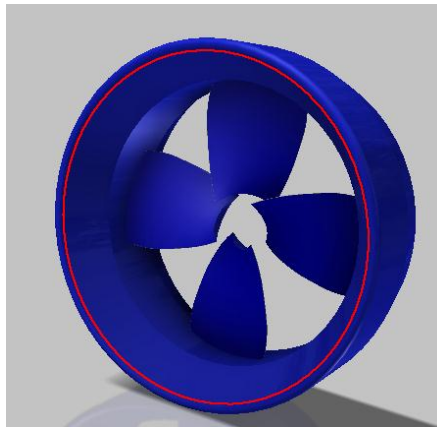
Gambar 4.4.2 Hasil Geometri setelah menjadi solid

Setelah didapatkan hasil solid dari bilah propeller proses selanjutnya adalah menggambar model *duct*. *Duct* ini terdapat wilayah datar pada bagian dalam. Bagian inilah yang digunakan sebagai tempat menyambunganya *blade* dan *duct*.



Gambar 4.4.3 Ukuran *Duct*

Kemudian dilakukan pembuatan *duct* dengan menggunakan fitur *revolve*. Pada tahap ini ditentukan pusat putaran dan juga seberapa besar sketch diputar. Hal ini untuk mencegah terjadinya *overlap surface* pada perangkat lunak pengolah CFD nantinya. Setelah dilakukan repetisi sesuai dengan jumlah *blade*, maka model dari propeller sudah didapat.



Gambar 4.4.4 Model RDP yang telah selesai

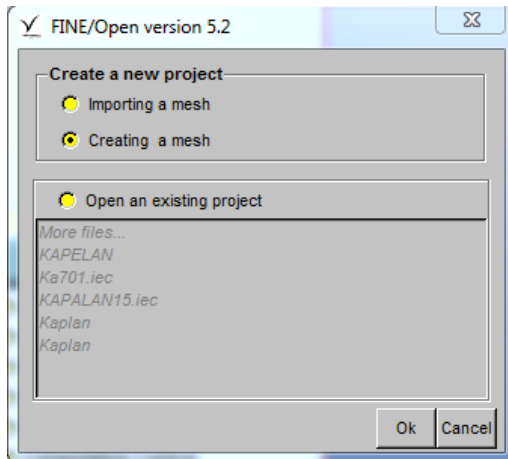
Kemudian dilakukan ekspor pada model karena format default adalah .ipt sedangkan untuk NUMECA Fine Open menggunakan format .stl ataupun Parasolid .x_t / .x_b. pada skripsi ini model diekspor menjadi format Parasolid text files .x_t untuk memudahkan pembuatan domain nantinya.

4.5. Pengolahan model pada NUMECA Fine Open

Numeca Fine Open merupakan perangkat lunak pengolah CFD yang menggunakan teknologi baru dalam perangkatnya. Salah satunya yang inovatif adalah CPU booster yang digunakan untuk mempercepat terjadinya konvergensi.

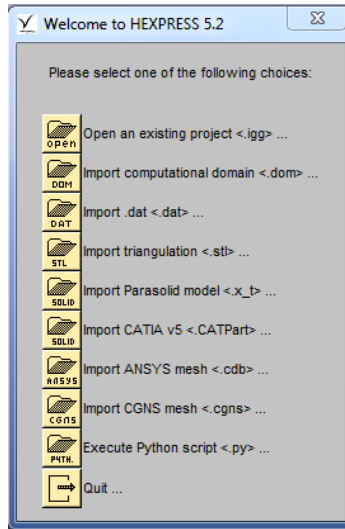
4.5.1. Mesh Generation dengan Hexpress

Setelah model sudah dibuat di Autodesk Inventor, maka dapat dilakukan pembuatan domain terlebih dahulu pada Fine Open. Pertama buat data khusus agar dapat membuat mesh.

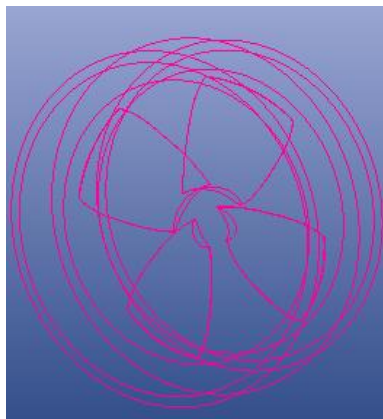


Gambar 4.5.1 Membuat File Baru di Hexpress

Setelah itu Fine Open akan mengarahkan kepada Hexpress yaitu sub perangkat lunak untuk menghasilkan mesh. Dalam Hexpress ini akan dibuat suatu domain dengan terlebih dahulu mengimpor model yang telah dibuat.



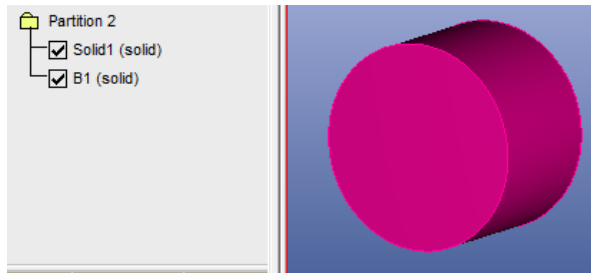
Gambar 4.5.2 Impor Model pada Hexpress



Gambar 4.5.3 Hasil Impor Model

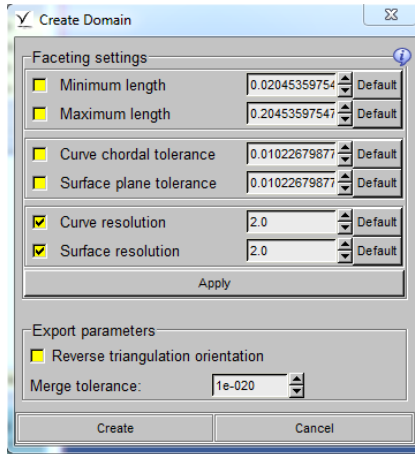
Kemudian dibuat sebuah ruang berbentuk silinder pada CAD Manipulation untuk memodelkan bentuk

ruangan fluida menggunakan *Create Cylinder*. Kemudian didapat 2 model *solid* pada hexpress.



Gambar 4.5.4 CAD Manipulation pada Hexpress

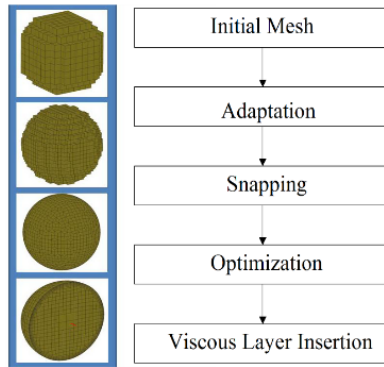
Selanjutnya dilakukan substract agar model *solid* RDP menjadi kosong. Hal ini dibutuhkan karena dalam CFD yang harus dimodelkan sejatinya adalah bentuk fluidanya. Setelah dilakukan substract maka didapatkan hanya satu solid saja. Kemudian dengan menggunakan fitur *create domain* akan didapatkan domain sesuai dengan model yang digambar.



Gambar 4.5.5 Pembuatan Domain

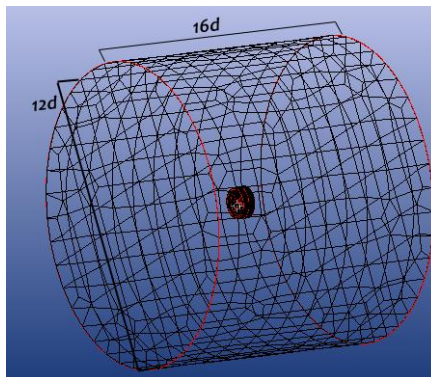
Setelah dibuat domain dari model maka dapat dilakukan pembuatan mesh dari model yang dibuat. Pembuatan mesh ini menggunakan fitur mesh wizard dari Hexpress.

Dalam proses yang ada di Mesh Wizard ini seperti pada tinjauan pustaka akan ada 5 langkah pengerjaan yaitu *Initial Mesh*, *adaptation*, *Snapping*, *Optimization* dan *Viscous Layer Insertion*.

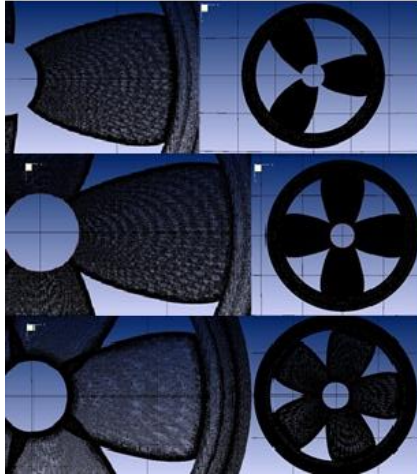


Gambar 4.5.6 Proses Mesh Generation

Setelah proses mesh generating berhasil hingga tahap 5 maka dilakukan pengecekan terhadap kualitas *mesh* yang dibuat. Pada skripsi ini proses mesh generating menggunakan *mesh wizard* memakan waktu hingga 1 jam 20 menit.

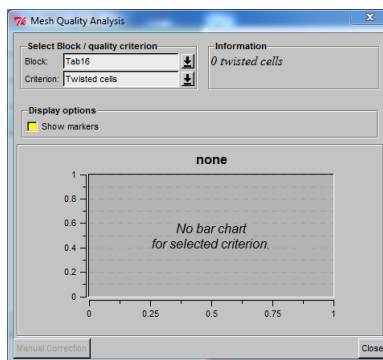


Gambar 4.5.7 Meshing keseluruhan

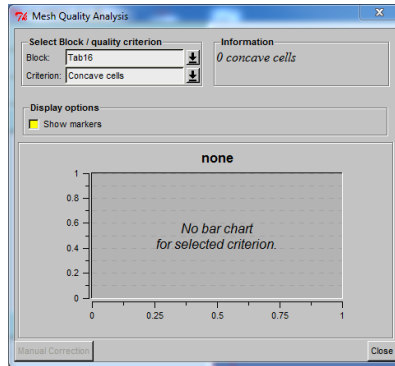


Gambar 4.5.8 Hasil dari meshing pada propeller

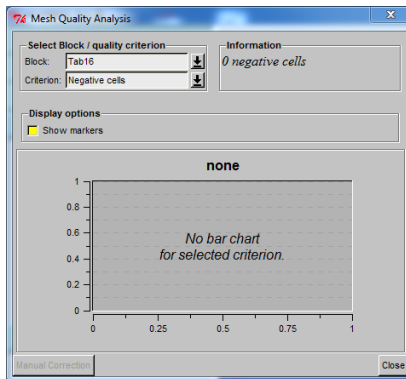
Pengecekan dilakukan dengan menekan tombol mesh quality. *Mesh/cell* dicek dan dipastikan tidak mengandung 3 jenis *cell* yaitu *negative cell*, *twisted cell* dan *concave cell*. Ketigannya harus bernilai 0 (nol)



Gambar 4.5.9 Pengecekan Twisted Cell



Gambar 4.5.10 Pengecekan Concave Cell



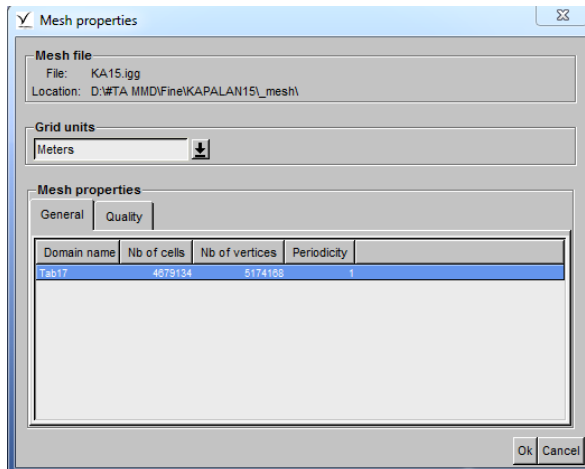
Gambar 4.5.11 Pengecekan Negative Cell

Kemudian proses selanjutnya adalah kembali ke Fine Open untuk dilakukan proses *Pre Processing* dengan cara menekan tombol close dan NUMECA akan membawa kembali ke Fine Open.

4.5.2. Simulasi CFD Fine Open

Setelah dilakukan *mesh generating*, langkah selanjutnya adalah mensimulasikan model dengan

fine open. Pada fine open harus diperhatikan tentang jumlah *cell*. Jumlah *cell* ini dapat menentukan spesifikasi computer yang akan digunakan.

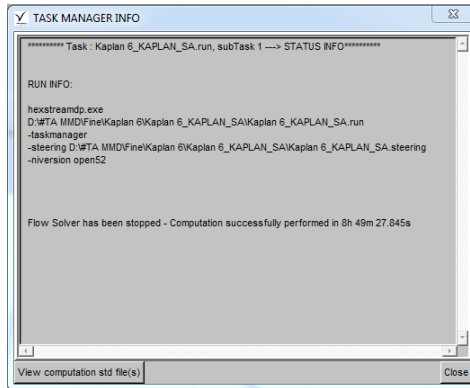


Gambar 4.5.12 Jumlah *cell* pada model

Dapat dilihat bahwa *cell* yang tersedia adalah 4679134 *cell*. Pada buku manual NUMECA setiap 1 juta *cell* membutuhkan RAM sekitar 0,6-0,7 GB tergantung dari model simulasinya. Pada simulasi ini perkiraan RAM yang dibutuhkan adalah 3,5GB.

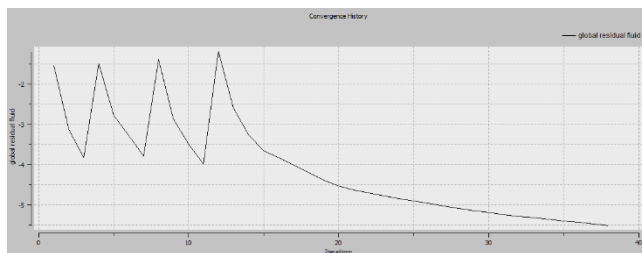
Setelah itu ditentukan jenis fluida (Air Inkompresibel), model alirannya (menggunakan Spalart-Amaras), penentuan model yang berputar dan penentuan parameter-parameter dalam proses simulasi seperti jumlah iterasi. Pada simulasi ini memakan waktu 6-8 jam tergantung variasinya. Hal ini dilakukan karena prosesor yang digunakan adalah

processor tipe serial meskipun dalam spesifikasi prosesor mengandung lebih dari 1 core. Juga karena frekuensi prosesor yang terbatas dapat pula menyebabkan proses simulasi begitu lama.



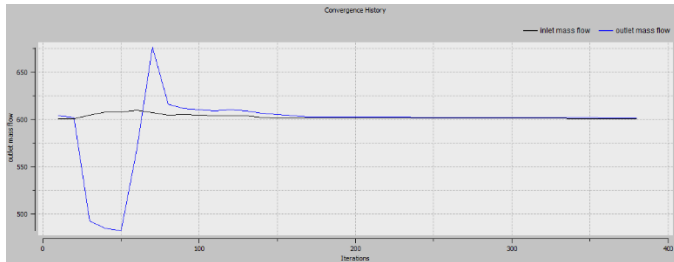
Gambar 4.5.13 Pemberitahuan setelah model selesai.

Proses simulasi divalidasi dengan melihat bentuk grafik, apabila iterasi sudah konvergen ditandai dengan tidak adanya grafik yang naik turun pada grafik *global residual fluid*.



Gambar 4.5.14 Grafik *Global Residual Fluid*

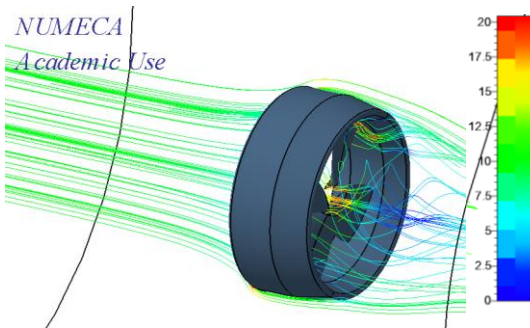
Selain itu nilai dari massflow yang masuk dan keluar juga dapat dibandingkan. Syarat sebuah simulasi berhasil dalam numeca adalah nilai *error massflow* kurang dari 0,5%.



Gambar 4.5.15 Salah satu koreksi *massflow* yang menunjukkan nilai 0,087%

4.5.3. Hasil Simulasi

Setelah melalui tahapan-tahapan dalam mensimulasikan propeller, maka didapat hasil berupa axial *thrust* dan torsi. Untuk melihat hasilnya dapat menggunakan CFView yang sudah ada di dalam perangkat lunak NUMECA.



Gambar 4.5.16 Hasil simulasi dari solver NUMECA

Berdasarkan hasil simulasi maka didapatkan data sebagai mana tersaji dalam Tabel 4.5.1; 4.5.2; dan 4.5.3. :

Tabel 4.5.1 Hasil Simulasi pada RDP *Blade 3*

No	TYPE	RPM	RPS	Va	<i>Thrust</i>		<i>Torque</i>	
1	RDP Ka4 70	250	4.167	3.333	92081	N	31241	N.m
2	RDP Ka4 70	250	4.167	4.167	88121	N	28231	N.m
3	RDP Ka4 70	250	4.167	5.000	70233	N	24123	N.m
4	RDP Ka4 70	250	4.167	5.833	60121	N	21131	N.m
5	RDP Ka4 70	250	4.167	6.667	46213	N	18213	N.m
6	RDP Ka4 70	250	4.167	7.500	28092	N	13123	N.m
7	RDP Ka4 70	250	4.167	8.333	15123	N	9312	N.m

Tabel 4.5.2 Hasil Simulasi pada RDP *Blade 4*

No	TYPE	RPM	RPS	Va	<i>Thrust</i>		<i>Torque</i>	
1	RDP Ka4 70	250	4.167	3.333	116447	N	42994	N.m
2	RDP Ka4 70	250	4.167	4.167	102957	N	38123	N.m
3	RDP Ka4 70	250	4.167	5.000	90233	N	32132	N.m
4	RDP Ka4 70	250	4.167	5.833	78121	N	28123	N.m
5	RDP Ka4 70	250	4.167	6.667	56213	N	23123	N.m
6	RDP Ka4 70	250	4.167	7.500	38556	N	19122	N.m
7	RDP Ka4 70	250	4.167	8.333	23123	N	15131	N.m

Tabel 4.5.3 Hasil Simulasi Pada RDP *Blade 5*

No	TYPE	RPM	RPS	Va	<i>Thrust</i>		<i>Torque</i>	
1	RDP Ka4 70	250	4.167	3.333	141341	N	55109	N.m
2	RDP Ka4 70	250	4.167	4.167	122133	N	45123	N.m
3	RDP Ka4 70	250	4.167	5.000	105740	N	40319	N.m
4	RDP Ka4 70	250	4.167	5.833	93209	N	36765	N.m

5	RDP Ka4 70	250	4.167	6.667	78932	N	33123	N.m
6	RDP Ka4 70	250	4.167	7.500	59301	N	29144	N.m
7	RDP Ka4 70	250	4.167	8.333	33251	N	21567	N.m

4.5.4. Perhitungan

Dari hasil simulasi dapat digunakan untuk mencari nilai KQ dan KT dari setiap kondisi putaran dan jumlah *Blade* menggunakan persamaan (11) sebagai berikut.

$$K_Q = \frac{Q_{prop}}{\rho \times n^2 \times D^5}$$

Dimana Q merupakan Torsi dari propeller dan KQ merupakan koefisien dari torsi. Kemudian untuk mendapatkan nilai KT dilakukan perhitungan menggunakan persamaan (12) sebagai berikut:

$$K_T = \frac{T_{prop}}{\rho \times n^2 \times D^4}$$

Dimana T merupakan Gaya dorong dari propeller dan KT merupakan koefisien dari gaya dorong. Dari rumus tersebut akan didapatkan hasil angka KT dan KQ sesuai dengan putaran dan jumlah *bladenya*. Berikut hasil dari perhitungan KQ dan KT. Kemudian dari nilai KT dan KQ dapat dihitung besar efisiensi menggunakan persamaan (10) sebagai berikut.

$$\eta_0 = \frac{J \times K_T}{2\pi \times K_Q}$$

Setelah dilakukan perhitungan maka hasil dari tiap nilai J dapat dilihat pada tabel 4.5.4; 4.5.5; dan 4.5.6.

Tabel 4.5.4 KT dan 10 KQ pada *Blade 3*

No	TYPE	RPM	RPS	Va	KT	10KQ	J	eff
1	RDP Ka3 70	250	4.1667	3.33	0.331	0.562	0.4	0.375
2	RDP Ka3 70	250	4.1667	4.17	0.317	0.508	0.5	0.497
3	RDP Ka3 70	250	4.1667	5.00	0.253	0.434	0.6	0.556
4	RDP Ka3 70	250	4.1667	5.83	0.216	0.380	0.7	0.634
5	RDP Ka3 70	250	4.1667	6.67	0.166	0.328	0.8	0.646
6	RDP Ka3 70	250	4.1667	7.50	0.101	0.236	0.9	0.613
7	RDP Ka3 70	250	4.1667	8.33	0.051	0.187	1	0.432

Tabel 4.5.5 KT dan 10 KQ pada *Blade 4*

No	TYPE	RPM	RPS	Va	KT	10KQ	J	eff
1	RDP Ka4 70	250	4.167	3.333	0.419	0.773	0.4	0.345
2	RDP Ka4 70	250	4.167	4.167	0.370	0.686	0.5	0.430

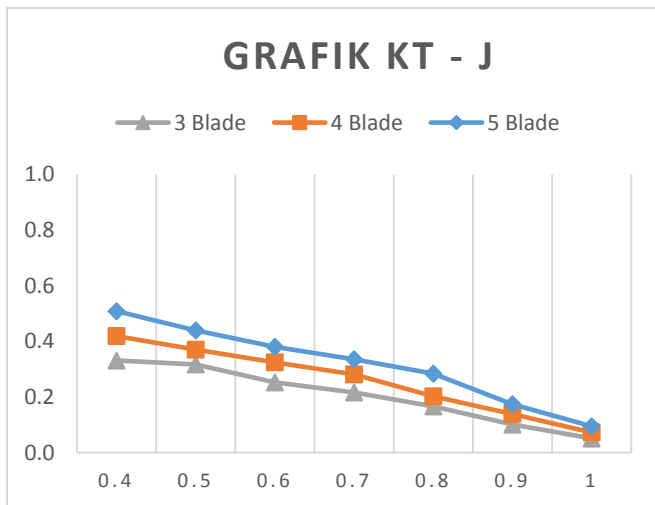
3	RDP Ka4 70	250	4.167	5.000	0.325	0.578	0.6	0.536
4	RDP Ka4 70	250	4.167	5.833	0.281	0.506	0.7	0.619
5	RDP Ka4 70	250	4.167	6.667	0.202	0.416	0.8	0.619
6	RDP Ka4 70	250	4.167	7.500	0.139	0.362	0.9	0.549
7	RDP Ka4 70	250	4.167	8.333	0.072	0.283	1	0.407

Tabel 4.5.6 KT dan 10 KQ pada *Blade 5*

No	TYPE	RPM	RPS	Va	KT	10KQ	J	eff
1	RDP Ka5 70	250	4.167	3.333	0.508	0.991	0.4	0.3264
2	RDP Ka4 71	250	4.167	4.167	0.439	0.811	0.5	0.4306
3	RDP Ka4 72	250	4.167	5	0.380	0.725	0.6	0.5007
4	RDP Ka4 73	250	4.167	5.833	0.335	0.661	0.7	0.5647
5	RDP Ka4 74	250	4.167	6.667	0.284	0.596	0.8	0.6066
6	RDP Ka4 75	250	4.167	7.5	0.213	0.524	0.9	0.5291
7	RDP Ka4 76	250	4.167	8.333	0.095	0.380	1	0.3967

4.5.5. Pembahasan

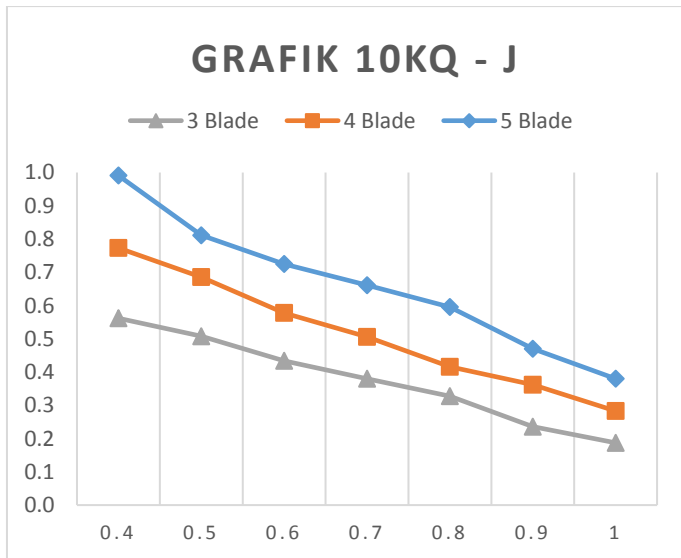
Pada subbab ini akan dilakukan pembahasan dari hasil pengolahan data simulasi CFD. Analisa dilakukan dengan melakukan variasi berupa perbedaan jumlah *blade* dan perubahan RPM dari tiap tiap kondisi. Hal pertama yang akan dibahas adalah perbandingan antara torsi (N.m) dan kecepatan putar (RPM).



Gambar 4.5.17 Grafik KT-J pada *blade* 3,4 dan 5

Pada grafik (4.5.17) dapat dilihat bahwa dengan semakin bertambahnya angka J maka angka KT tiap *blade* akan semakin turun. Namun tidak ada grafik pada *blade* yang memotong grafik lainnya. Hal ini disebabkan karena setiap J naik maka angka V_a akan naik pula sehingga menyebabkan nilai *Thrust* akan terus turun seiring dengan bertambahnya V_a . Hal ini berdampak pada angka KT yang terus turun seiring

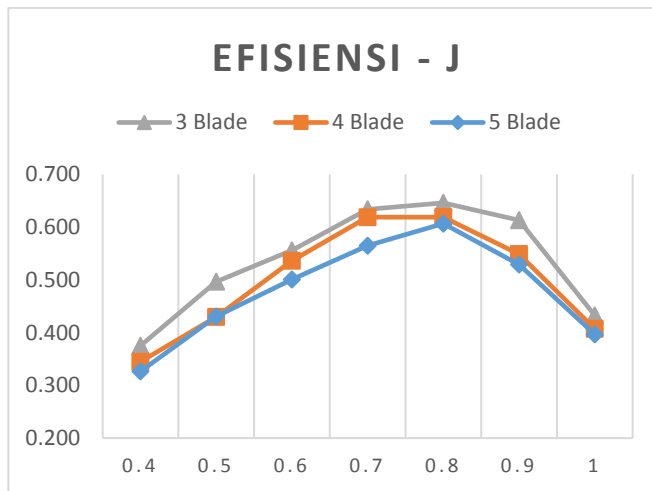
dengan naiknya angka J. Pada *blade* 3 angka KT terbesar adalah 0,331 pada $J=0,4$ sedangkan terendah adalah 0,051 pada $J=1$. Pada *blade* 4 angka KT terbesar adalah 0,419 pada $J=0,4$ sedangkan terendah adalah 0,072 pada $J=1$. Pada *blade* 5 angka KT terbesar adalah 0,508 pada $J=0,4$ sedangkan terendah adalah 0,0995 pada $J=1$.



Gambar 4.5.18 Grafik KQ-J pada *blade* 3,4 dan 5

Pada grafik 10KQ - J dapat dilihat bahwa dengan semakin bertambahnya angka J maka angka 10KQ tiap *blade* akan semakin turun. Namun tidak ada grafik pada *blade* yang memotong grafik lainnya. Hal ini disebabkan karena setiap J naik maka angka V_a akan naik pula sehingga menyebabkan nilai Torsi akan terus turun seiring dengan bertambahnya V_a . Hal ini

berdampak pada angka 10KQ yang terus turun seiring dengan naiknya angka J. Pada *blade* 3 angka 10KQ terbesar adalah 0,562 pada $J=0,4$ sedangkan terendah adalah 0,187 pada $J=1$. Pada *blade* 4 angka 10KQ terbesar adalah 0,773 pada $J=0,4$ sedangkan terendah adalah 0,283 pada $J=1$. Pada *blade* 5 angka 10KQ terbesar adalah 0,991 pada $J=0,4$ sedangkan terendah adalah 0,380 pada $J=1$.



Gambar 4.5.19 Grafik efisiensi -J pada *blade* 3,4 dan 5

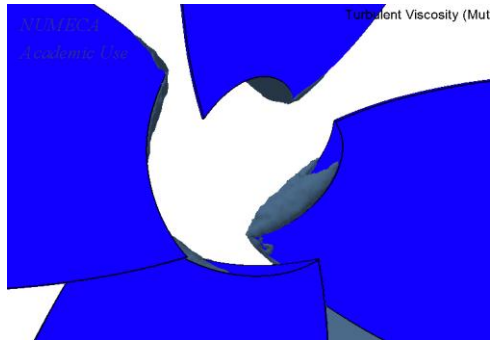
Pada grafik Effisiensi – J dapat dilihat bahwa efisiensi meningkat seiring dengan meningkatnya angka J. Namun pada naka J antara 0,7 – 1 nilai efisiensi mulai turun seiring dengan bertambahnya angka J. Hal ini disebabkan pada J 0,7 – 1 angka KQ dan KT sudah mulai tidak terlalu besar perbedaannya. Hal ini mempunyai *hubungan* sangat erat dengan rumus (10). Dimana angka efisiensi bergantung pula pada angka

KQ, KT dan J sehingga grafik Effisiensi – J berbentuk seperti gambar (4.5.19). Pada RDP dengan *blade* 3 efisiensi puncak terletak pada $J=0,8$ dengan nilai 0,646 dan yang terendah pada $J=0,4$ dengan angka 0,432. Pada RDP dengan *blade* 4 efisiensi puncak terletak pada $J=0,7$ dengan nilai 0,619 dan yang terendah pada $J=0,4$ dengan angka 0,407. Pada RDP dengan *blade* 5 efisiensi puncak terletak pada $J=0,8$ dengan nilai 0,606 dan yang terendah pada $J=0,4$ dengan angka 0,3967.

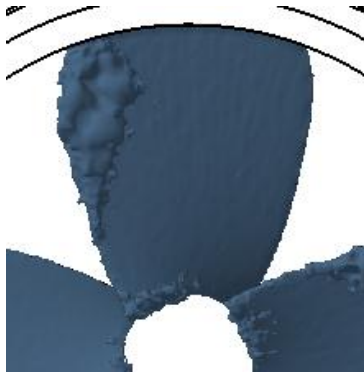
4.5.6. Kondisi Aliran Air dan Kavitasi

Dalam proses pengambilan data dan pengamatan penulis menemukan potensi kavitasi yang terjadi pada bagian *hub* yang hilang. Kavitasi ini dapat disebabkan karena aliran air yang masuk kedalam *hubless* meningkat sehingga tekanannya turun.

Pada investigasi lanjutan yang dilakukan pada RDP menggunakan fitur *iso-surface* maka dapat terlihat bahwa terjadi potensi kavitasi pada *hub* dan beberapa bagian pada *blade*. Hal ini memperkuat Analisa bahwa perlu dilakukan optimasi pada bagian *hubless*.



Gambar 4.5.20 Potensi Kavitasi pada hubless RDP (iso-surface)



Gambar 4.5.21 Pada Analisa iso-surface terlihat pula potensi kavitasi pada blade.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai Thrust dan Torsi tertinggi dialami oleh RDP dengan blade 5 dengan Thrust tertinggi sebesar 141,341N dan torsi 55109 N.m. kemudian diikuti oleh RDP blade 4 dengan Thrust tertinggi sebesar 116447N dan Torsi 42994 N.m. serta pada RDP blade 3 dengan Thrust tertinggi sebesar 92081N dan torsi 31241 N.m.
2. Pada Analisa 10KQ dan KT, RDP dengan blade 5 mempunyai nilai 10KQ dan KT tertinggi pada tiap nilai J dengan nilai 10KQ tertinggi sebesar 0.991 (pada $J=0.4$) dan terendah 0.380 (pada $J=1$) kemudian KT tertinggi sebesar 0.508 (pada $J=0.4$) dan terendah sebesar 0.095 (pada $J=1$).
3. Pada Analisa efisiensi, efisiensi tertinggi dialami oleh RDP dengan blade 3 pada tiap J dengan nilai efisiensi puncak 0.646 pada $J=0.7$.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil simulasi dan pengolahan data yang dilakukan, masih terdapat beberapa kekurangan pada penulisan Skripsi ini. Untuk kepentingan memperoleh kebenaran dalam ilmu pengetahuan, penulis menyarankan beberapa hal berikut ini:

1. Diperlukan adanya perhitungan kekuatan material karena desain RDP tidak menggunakan *hub* dan pada Kaplan ketebalan propeller pada diameter terluar lebih kecil dari ketebalan *blade* pada diameter dekat *hub*.
2. Perlu adanya optimasi bentuk *blade* pada bagian *hubless* juga perlu adanya modifikasi *thickness distribution* pada Propeller Kaplan.
3. Diperlukan adanya simulasi dengan menggunakan Propeller Kaplan konvensional untuk membandingkan hasil simulasi.
4. Perlu adanya simulasi maupun hitungan untuk mengetahui efek hambatan karena *duct* yang lebih besar daripada *duct* tipe konvensional.
5. Perlu Analisa performa lebih lanjut untuk mengetahui performa Kaplan RDP dengan model lambung kapal.

DAFTAR PUSTAKA

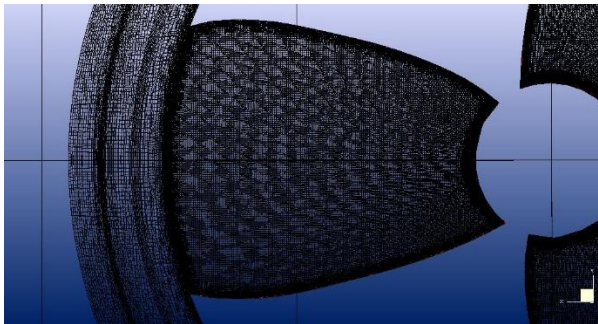
- [1] Alexey Yu, Marat A Sokolov, Nikolay V Marinich, [2011] “Numerical Design and Experimental Verivication of a RIM-Driven Thruster” Second International Symposium on Marine Propulsors, Germany.
- [2] Carlton, John, [2007] “Marine Propulsion Second Edition”, Burlington USA.
- [3] AdjI Suryo W., [2001], “Sistem Propulsi Kapal” Institut Teknologi Sepuluh Nopember Indonesia.
- [4] Widayatno, Utama IKAP [2011], “Analisa Aliran Pada Ducted Propeller dengan Pendekatan CFD”, ITS Surabaya
- [5] Bao-wei Song, You Jiang Wang, Wen-long Tian [2015], Open Water Peformance Comparison Between Hub-Type and Hubless rim driven thrusters based on CFD method, Ocean Engineering Journal.
- [6] Q.M.Cao,W.F.Zhao,D.H.Tang,F.W.Hong [2015], Effect Gap Flow on the torque for blades in a rim driven thruster without axial pressure gradient, 7th International Converence of Fluid Dynamics, China.
- [7] Klasson Olof Klerebrant [2011], A Validation, Comparison, and automation of different computational tools for propeller open water predictions, Chalmers University of Technology Sweden.
- [8] Abadi Krisnoyya [2008], Analisa Performance RDT (RIM Driven Thruster) dengan pendekatan CFD dan Eksperimental, ITS Surabaya.
- [9] Kuiper [1970], Wageningen Propeller, MARIN, Netherland.
- [10]M.W.C. Oosterveld [1979], Wake Adapted Ducted Propellers, Netherlands Ship Model Basin Wageningen .
- [11]Numeca International [2014], Numeca Fine Open Manual Book, Belgium.
- [12]Numeca International [2014], Numeca Hexpress Manual Book, Belgium

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

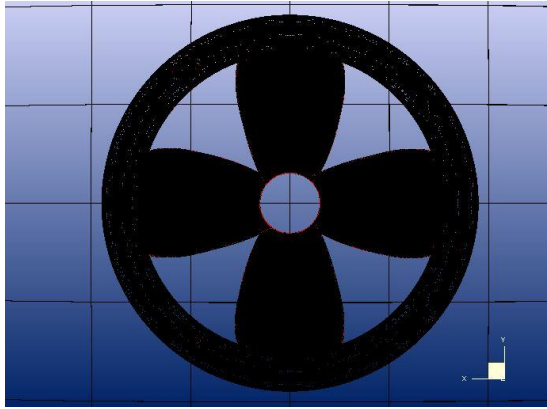
LAMPIRAN



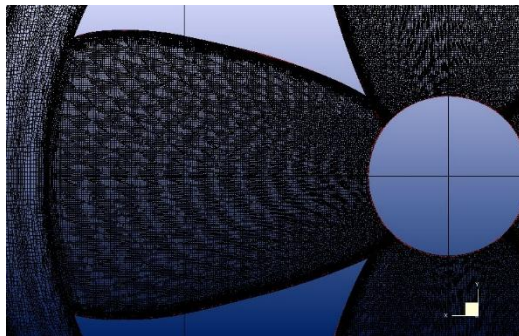
Hasil *Meshing* Pada RDP Blade 3



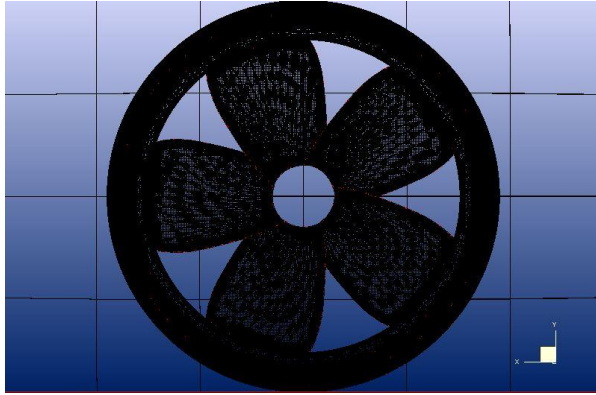
Fine Meshing pada RDP *blade* 3, terlihat pada bagian *trailing edge*, *leading edge*, *outer* dan *inner tip* terdapat penambahan jumlah *cell*.



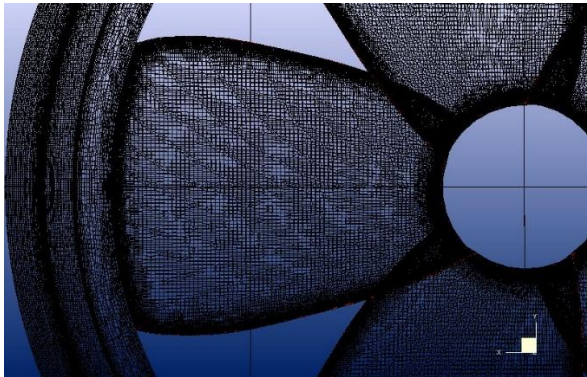
Hasil *Meshing* Pada RDP Blade 4



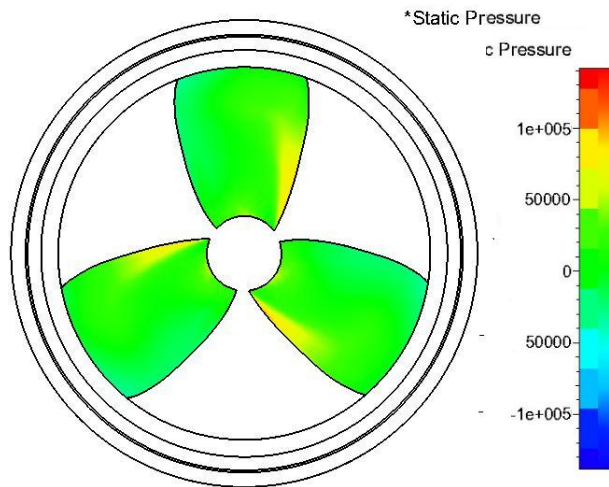
Fine Meshing pada RDP 4, terlihat pada bagian *trailing edge*, *leading edge*, *outer* dan *inner tip* terdapat penambahan jumlah *cell*.



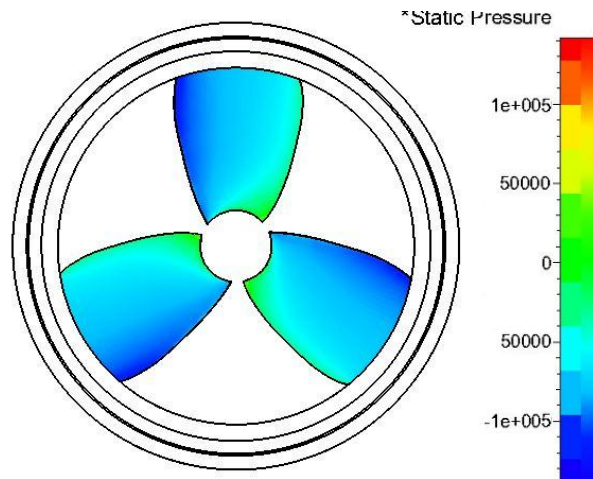
Hasil *Meshing* Pada RDP Blade 5



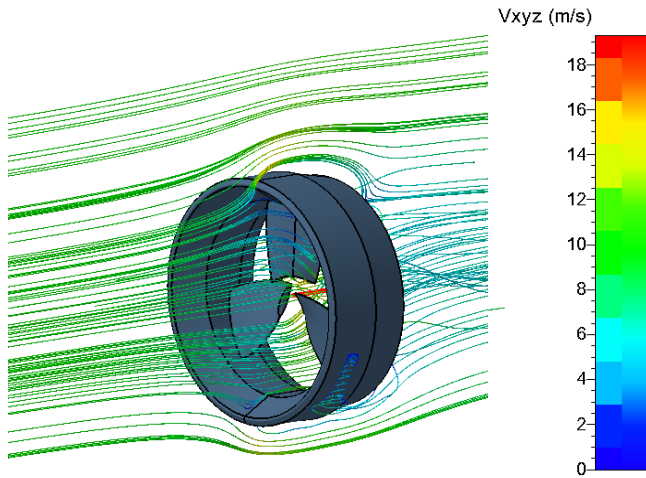
Fine Meshing pada RDP 5, terlihat pada bagian *trailing edge*, *leading edge*, *outer* dan *inner tip* terdapat penambahan jumlah *cell*



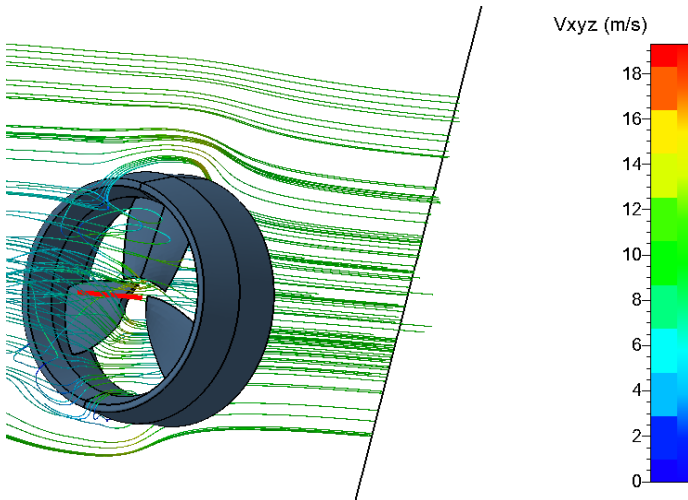
Kontur Tekanan Face pada RDP Blade 3



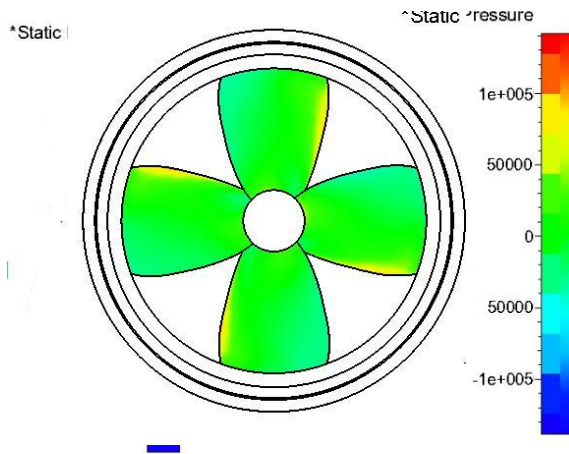
Kontur Tekanan Back pada RDP Blade 3



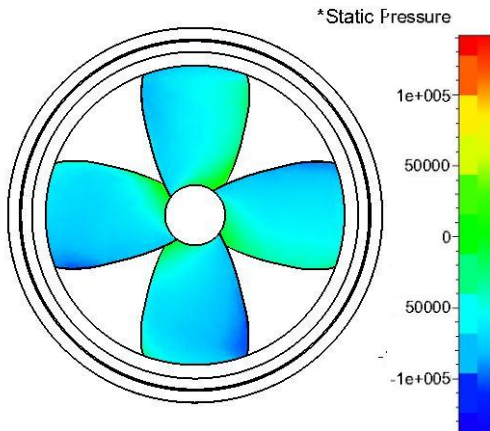
Kontur Aliran pada RDP Blade 3



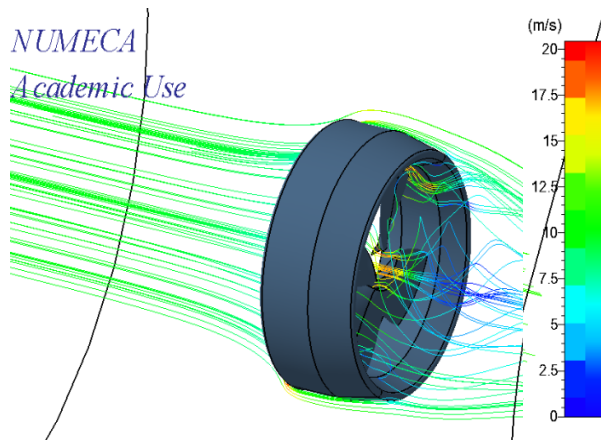
Kontur Aliran pada RDP Blade 3



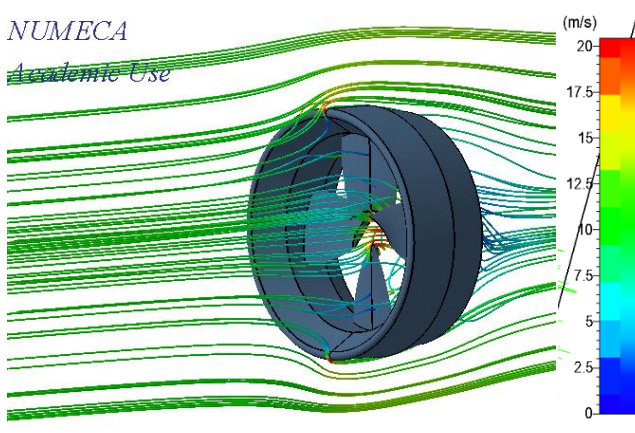
Kontur Tekanan face pada RDP Blade 4



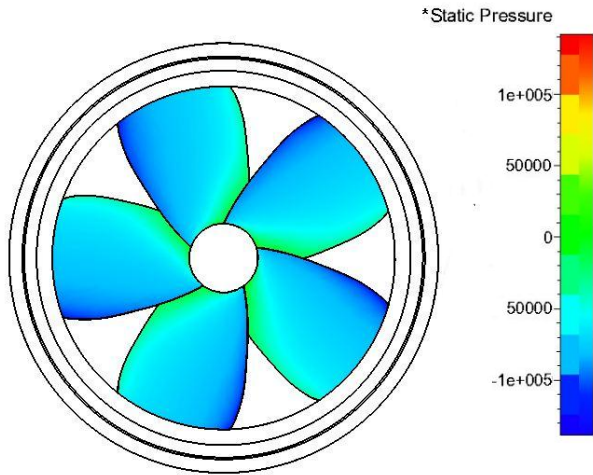
Kontur Tekanan back pada RDP Blade 4



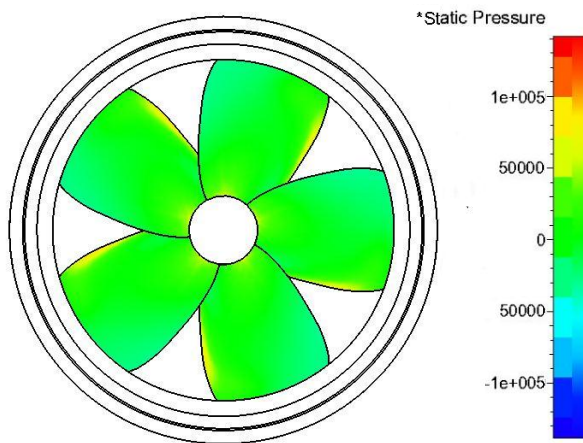
Kontur Aliran Pada RDP Blade 4



Kontur Aliran Pada RDP Blade 4

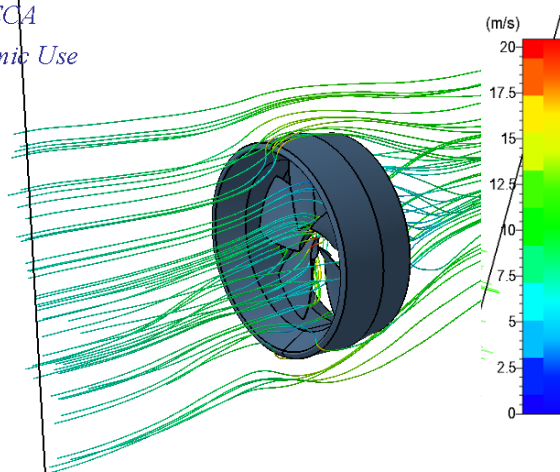


Kontur Tekanan face pada RDP Blade 5



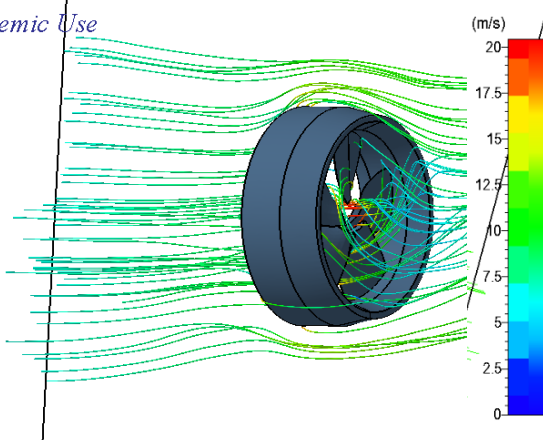
Kontur Tekanan back pada RDP Blade 5

NUMECA
Academic Use

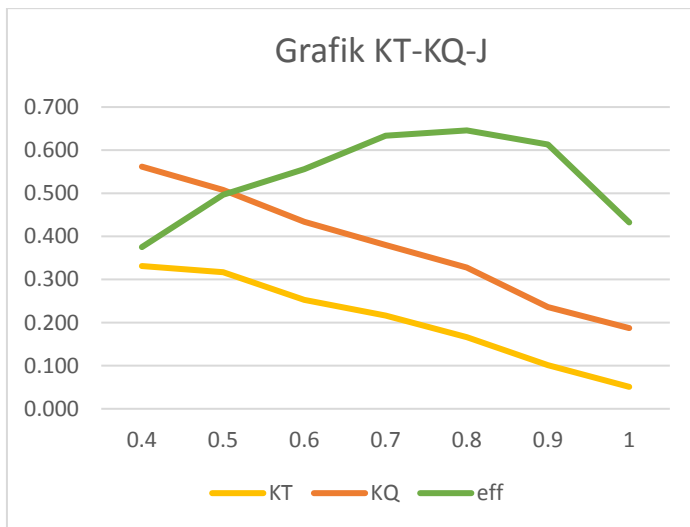


Kontur Aliran pada RDP Blade 5

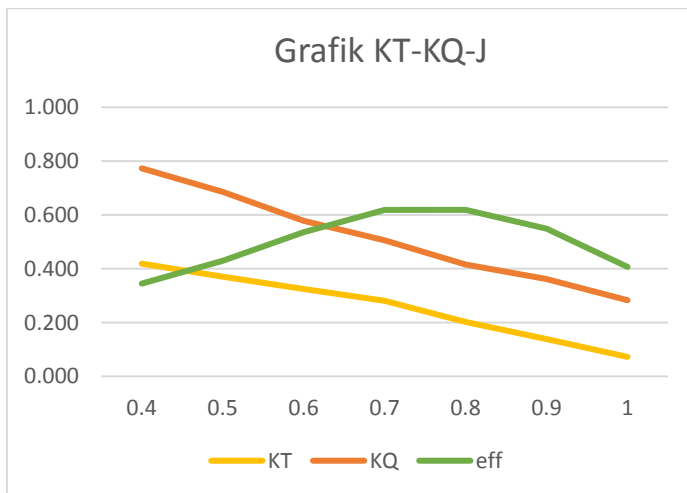
NUMECA
Academic Use



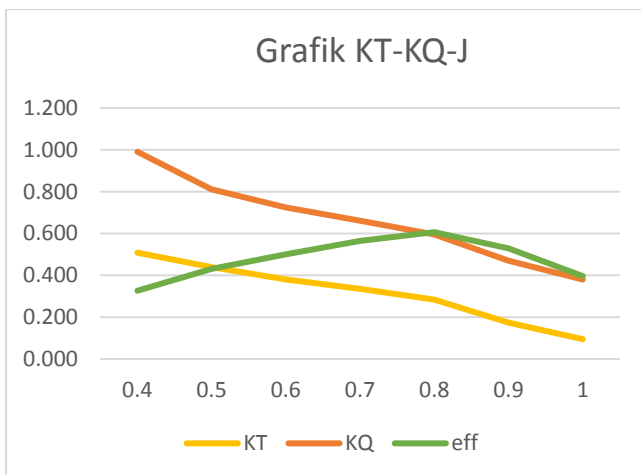
Kontur Aliran pada RDP Blade 5



Grafik KQ-KT-J pada RDP Blade 3



Grafik KQ-KT-J pada RDP Blade 4



Grafik KQ-KT-J pada RDP Blade 5



Syamsi Firdaus <syamsi11@mhs.ne.its.ac.id>

Autodesk license details

Autodesk Education Community <studentcommunity@autodesk.com>
Kepada: Syamsi Firdaus <syamsi11@mhs.ne.its.ac.id>

8 Oktober 2016 20.44

SAVE AND PRINT THIS EMAIL. IT IS YOUR RECORD OF LICENSING RIGHTS TO USE YOUR AUTODESK SOFTWARE.



Autodesk Education Community

Dear Syamsi Firdaus,

Licensee's product license information:

Product:	AutoCAD Mechanical 2014
License Type:	Education Stand-alone
Access Type:	Single-user
Authorized Usage:	Install on up to 2 personal devices*
Product Key:	208F1
Serial Number:	900-██████████
Term:	3-year term
Licensee:	Syamsi Firdaus

* Your Autodesk Account may display this usage right as 1 seat.

During installation, enter this product key and serial number. The first time you start the product, you will be prompted to activate your license. This date marks the start of your three-year term.

Getting started:

[Education Resources for students & educators](#)
[Autodesk Design Academy](#)

Thank you,
Autodesk Education Team

AUTODESK LICENSE TERMS AND CONDITIONS

e-mail yang berisi persetujuan penyerahan perangkat lunak Autodesk dengan lisensi khusus mahasiswa dan peneliti



Syamsi Firdaus <syamsi11@mhs.ne.its.ac.id>

Your free NUMECA student version

NUMECA Academic Group <academic@numeca.be>
Kepada: syamsi11@mhs.ne.its.ac.id

15 September 2016 20.07

Hello,

Thanks for choosing "NUMECA" and its Student Version!

Please find below your login and password to access the Customer Area on
www.numeca.com.

Customer Area ID

*Username: syamsi11@mhs.ne.its.ac.id

*Password: *

*In order to ensure the security of your access,
please reset your password according to the following rules: minimum 8
characters, 1 uppercase letter, 1 lowercase letter and 1 number.*

From the Products page of the Customer Area, get started with your
free "Student Version
v5.2" and download:

- the documentation archive with detailed on the system requirements and installation notes,
- the installation archive for the selected OS,
- the tutorials archive with input files for the tutorials in the documentation,
- the demo cases archive with the files needed to run the demo cases described documentation.

Install your Student Version on the machine of your choice. At the end of the installation you will see a message suggesting to send the machine information to NUMECA. You do not need to do so as you may use the following "activation ID" in NUMECA's Administration Tool to activate your license:

ActivationID: *

NOTE: the license activation is based on the machine characteristics. Before changing the machine configuration (e.g. upgrade OS version, change network card...), the activation should be returned (see the installation note). After the change the same activation ID can be used again to re-activate the license.

Get started with our recommended tutorials, videos and best practices for first time use:

- Beginner level Tutorial 1 of FINE™/Open with OpenLabs™: Automotive Manifold.
- Beginner level Tutorial 2 of IGG™: 2D NACA Airfoil.
- Videos for FINE™/Open with OpenLabs™: 2D Cylinder case

e-mail yang berisi persetujuan penyerahan perangkat lunak Numeca dengan lisensi khusus mahasiswa dan peneliti

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Lumajang, 4 April 1993, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Mengawali pendidikan formal di SDI An-Nizomiyah, kemudian melanjutkan jenjang ke SMPN 107 Jakarta dan dilanjutkan dengan menempuh pendidikan di SMAN Tempeh - Lumajang kemudian lulus tahun 2011, pada tahun yang sama penulis melanjutkan jenjang di program sarjana S1 Teknik Sistem Perkapalan ITS dan teregistrasi dengan NRP 4211100070. Penulis aktif dalam berbagai kegiatan di dalam maupun luar kampus ITS baik itu organisasi maupun pelatihan. Selain itu penulis juga aktif dalam keikutsertaan dalam kompetisi karya tulis dan bidang teknik baik Nasional dan Internasional. Dalam perjalanan akademik di Teknik Sistem Perkapalan penulis mengambil bidang *Marine Manufacturing and Design (MMD)* dengan fokus pada bidang alat penggerak (propulsor).

~